



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

**Kompozitinių sijų panaudojimo daugiaaukščiuose pastatuose
efektyvumo tyrimai**

Baigiamasis magistro studijų projektas

Tomas Kinderis
Projekto autorius

Prof. Dr. Mindaugas Daukšys
Vadovas

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

Kompozitinių sijų panaudojimo daugiaaukščiuose pastatuose efektyvumo tyrimai

Baigiamasis magistro studijų projektas

Statybos valdymas (6211EX007)

Tomas Kinderis

Projekto autorius

Prof. Dr. Mindaugas Daukšys

Vadovas

Saulius Grigas

Konsultantas

Lekt. Dr. Nerijus Adamukaitis

Recenzentas

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Statybos ir architektūros fakultetas

Tomas Kinderis

Kompozitinių sijų panaudojimo daugiaaukščiuose pastatuose efektyvumo tyrimai

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Tomo Kinderio, baigiamasis projektas tema „Kompozitinių sijų panaudojimo daugiaaukščiuose pastatuose efektyvumo tyrimai“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Turinys

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	6
LENTELIŲ SĄRAŠAS	9
ĮVADAS	12
1. LITERATŪROS ANALIZĖ	14
1.1. „Deltabeam“ kompozitinė sija.....	14
1.1.1. Gaminio savybės	15
1.1.2. Konstrukcijos elgsena.....	19
1.1.3. „Deltabeam“ sijų montavimas.....	21
1.1.4. Perdangos plokščių montavimas	25
1.1.5. Armavimas	26
1.1.6. Betono mišinio klojimas.....	26
1.2. „Slimfloor beam“ ir „Asymetric slimfloor beam“ kompozitinė sija.....	28
1.2.1. „Slimfloor beam“ (iki 8 m)	29
1.2.2. „Slimfloor beam“ (nuo 8 m iki 14 m)	29
1.2.3. „Asymetric slimfloor beam“	30
1.2.4. „Slimfloor beam“	31
1.2.5. Plokščių tipai	32
1.2.6. „Slimfloor beam“ sistemos privalumai	33
1.2.7. Techninės detalės ir montavimas.....	36
1.3. „Thorbeam“ kompozitinė sija	38
1.3.1. Išankstinis išlinkis	40
1.3.2. Standartiniai lakštų storai ir rekomenduojami sijų matmenys	41
1.3.3. Skirtingų aukščių perdangos plokštės	42
1.3.4. Armavimas	42
1.3.5. Atsparumas ugniai	44
2. TYRIMŲ METODIKA	45
2.1. Tiriamasis objektas	45
2.2. Alternatyvių variantų parinkimas	45

2.3. Apklauso anketa.....	46
2.4. Kriterijų reikšmingumo (teorinio ir kompleksinio) nustatymas taikant entropijos metodą ..	48
2.5. Projektavimo įrankiai	49
3. TYRIMŲ REZULTATAI	51
3.1. Apklauso anketos duomenų analizė.....	51
3.2. Kodėl kompozitinės sijos, o ne gelžbetoninės rėmsijos (rygeliai)?.....	53
3.3. Atsparumas ugniai	57
3.4. Sijų kaina	59
3.5. „Deltabeam“ ar „Thorbeam“ kompozitinė sija?	65
3.6. „Deltabeam“ kompozitinė sija ar gelžbetoninė rėmsija (rygelis)?.....	68
IŠVADOS.....	70
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	71
PRIEDAI	74

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. „Deltabeam“ sijos dalys [4]	15
2 pav. Kiaurymėtos perdangos plokštė [4]	16
3 pav. „Filigran“ tipo perdangos plokštė [4]	16
4 pav. Profiliuotas paklotas [4]	16
5 pav. Monolotinio betono perdanga [4]	16
6 pav. „Gerber“ tipo mazgas, užtikrinantis „Deltabeam“ sijų nekarpytumą [5].....	18
7 pav. „Deltabeam“ sija prijungta prie surenkamojo gelžbetonio kolonos, panaudojant „Peikko“ PCs paslėptą konsolę [5]	18
8 pav. Apkrovų perdavimas montavimo stadijos metu [5]	19
9 pav. „Deltabeam“ sijos išramstymas [5]	19
10 pav. Apkrovų perdavimas eksploataavimo stadijoje [5]	20
11 pav. Gaisro armatūra „Deltabeam“ sijos viduje [5].....	20
12 pav. „Deltabeam“ sijų sandėliavimas [6].....	21
13 pav. „Deltabeam“ sijų kėlimas [6]	22
14 pav. „Gerber“ jungimo mazgas [6]	23
15 pav. „Deltabeam“ sijų išramstymo pavyzdžiai [6]	24
16 pav. Kiaurymėtų perdangų plokščių montavimas [6]	25
17 pav. Monolitinių betono plokščių montavimas [6].....	26
18 pav. „Deltabeam“ sijos armavimas [6]	26
19 pav. „Deltabeam“ sijos betonavimas [6].....	27
20 pav. „Slimfloor beam“ kompozitinė sijos koncepcija [7]	28
21 pav. Optimali grindų sijų taikymo sritis [7].....	28
22 pav. „Slimfloor beam“ nekompozitinės sijos skerspjūvis bei pritaikymas [7]	29
23 pav. „Slimfloor beam“ kompozitinės sijos skerspjūvis bei pritaikymas [7]	29
24 pav. Skirtingų profilių „Slimfloor beam“ taikymo sritis tuo pačiu palyginant kompozitines ir nekompozitines sijas [7].....	30
25 pav. A tipo „Asymetric slimfloor beam“ sija [8]	30
26 pav. B tipo „Asymetric slimfloor beam“ sija [8]	31
27 pav. „Slimfloor beam“ sijos skerspjūvis [8]	31
28 pav. „Cofradal“ perdangos plokštė [8]	32
29 pav. „Cofraplus 220“ perdangos plokštė [8].....	32
30 pav. „Cofraplus 220“ perdangos plokštė su „Slimfloor beam“ kompozitine sija [8]	33
31 pav. Detalė su skirtingų storių perdangos plokštėmis [8].....	34
32 pav. Komunikacijų įrengimas po „Slimfloor beam“ sijomis.....	34

33 pav. Į „Asymetric slimfloor beam“ siją integruota priešgaisrinė apsauga (armatūra) [8].....	35
34 pav. Į „Asymetric slimfloor beam“ siją integruota priešgaisrinė apsauga (armatūra) [8].....	35
35 pav. Sijos ir kolonos jungtis [9]	36
36 pav. Sijos ir kolonos jungtis [9]	37
37 pav. Sijų išramstymas montavimo metu [8]	37
38 pav. „Thorbeam“ kompozitinės sijos skersinis pjūvis [10]	38
39 pav. „HSQ“ sijų matmenys [11]	38
40 pav. Siūlės aukščio matavimo schema [13].....	39
41 pav. „HSQ“ sija, kurios aukštis mažesnis nei perdagos plokštės [11]	40
42 pav. Perdangos aukščio „HSQ“ sija [11].....	40
43 pav. Išankstinio išlinkio schema [14].....	41
44 pav. „HSQ“ sija, naudojama skirtinų aukščių perdangos plokštėms atremti [12].....	42
45 pav. Pirmo tipo armavimas [15]	42
46 pav. Antro tipo armavimui reikalinga sija [15]	43
47 pav. Sukimo jėgoms perimti ant „HSQ“ sijų naudojami užraktai [15]	43
48 pav. „Thorbeam“ sijos ungniaatsparumo didinimas naudojant apsaugos nuo ugnies plokštės [16].....	44
49 pav. Izoliacijos storis kvadratinėms „Thorbeam“ tipo sijoms, ugnies veikiamoms iš 1 pusės [16].....	44
50 pav. „Fortnox“ administracinis pastatas [17].....	45
51 pav. Entropijos metodo algoritmas [20].....	49
52 pav. „Peikko Designer“ projektavimo įrankio langas [22]	50
53 pav. „CoSFB v1.6“ projektavimo įrankio langas [23]	50
54 pav. „SCIA Engineer“ kompiuterinės programos skerspjūvių pasirinkimo langas [24].....	50
55 pav. Apklaustųjų pareigos [25].....	51
56 pav. Kriterijų reikšmingumas balais [25]	52
57 pav. Sijų efektyvumo lyginamoji diagrama [25]	52
58 pav. Plonų perdangų sistemos ir standartinis gelžbetonio sprendimai [26].....	53
59 pav. „Deltabeam“ sijos su išankstiniais klojiniais [26].....	55
60 pav. Energijos suvartojimas standartinio pastato ir plonų perdangų pastato [26]	56
61 pav. Palyginimui naudojamas gelžbetoninė rėmsija (rygelis) [13]	56
62 pav. „Fortnox“ administracinio pastato patalpų aukščiai [17]	57
63 pav. Kompozitinių sijų atsparumo ugniai palyginimas [25]	57
64 pav. Temperatūros pasiskirstymas „Slimfloor beam“ sijos skerspjūvyje gaisro metu a) po 30min b) po 120min [27].....	58
65 pav. Temperatūrų pasiskirstymas gaisro metu (a) D20-200 ir (b) D50-600 „Deltabeam“ sijose. Viršutinis pav. po 60min, vidurinis – 120min, apatinis - 180min [27].....	58
66 pav. Skaičiuojama sija „Fortnox“ administraciniame pastate [17]	59
67 pav. Surinkimo bei virinimo trukmė pagal virinimų siūlių aukštį [18]	59
68 pav. „Peikko Designer“ programoje suprojektuota „Deltabeam“ sija [22]	61

69 pav. „CoSFB v1.6“ programoje suprojektuota „Slimfoor beam“ sija [23]	62
70 pav. „CoSFB v1.6“ programoje suprojektuota „Asymetric slimfoor beam“ sija [23]	63
71 pav. Skirtingų sijų tipų svorio palyginimas [25]	63
72 pav. Skirtingų sijų tipų kainos palyginimas [25]	64
73 pav. Palyginimui naudojama gelžbetoninė rėmsija [13]	64
74 pav. Skirtingų kompozitinių sijų tipų ir gelžbetoninės rėmsijos svorio palyginimas [25]	65
75 pav. Skirtingų kompozitinių sijų tipų ir gelžbetoninės rėmsijos kainos palyginimas [25]	65
76 pav. „Deltabeam“ ir „Thorbeam“ kompozitinės sijos [26]	66
77 pav. „Deltabeam“ ir „Thorbeam“ sijų jungimas [26]	66
78 pav. „Deltabeam“ ir „Thorbeam“ sijų garso pralaidumas [26]	67
79 pav. „Deltabeam“ ir „Thorbeam“ sijų atsparumas ugniai [26]	68
80 pav. „Deltabeam“ sijos ir g/b rygelio bendra kaina [25]	69
81 pav. Išankstiniai klojiniai, naudojami su kompozitinėmis sijomis [3]	69

LENTELIŲ SĄRAŠAS

<i>1 lentelė.</i> „Deltabeam“ sijų pritaikymo pavyzdžiai [5]	17
<i>2 lentelė.</i> „HSQ“ sijų žymėjimai [11]	39
<i>3 lentelė.</i> „HSQ“ sijų matmenys [12]	39
<i>4 lentelė.</i> „HSQ“ sijų rekomenduojami matmenys [11]	41
<i>5 lentelė.</i> Kriterijų vertinimo lentelė [18]	47

Autoriaus Kinderis, Tomas. Kompozitinių sijų panaudojimo daugiaaukščiuose pastatuose efektyvumo tyrimai. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovas prof. Mindaugas Daukšys; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Inžinerija, Technologijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: kompozitinė sija, „Deltabeam“, „Thorbeam“, „Slimfoor beam“, „Asymmetric slimfoor beam“.

Kaunas, 2019. 86 p.

Santrauka

Baigiamajame magistro studijų projekte analizuojamos Lietuvoje bei užsienio šalyse naudojamos kompozitinės sijos (plieno ir betono derinys). Apžvelgta kompozitinių sijų panaudojimo galimybės, pagrindiniai pranašumai, palyginta su visiems mums gerai žinomu, standartiniu sprendimu, t.y. gelžbetonine rėmsija (rygeliu). Pateiktos kompozitinių sijų sudedamosios dalys, naudojamos medžiagos bei šioje srityje atlikti moksliniai tyrimai.

Tiriamajoje dalyje parenkami kompozitinių sijų lyginamieji kriterijai (pvz. kaina, laikomoji galia, įrengimo trukmė ir pan.) ir apklausiami statybos srities specialistai. Apklaustųjų duomenimis išrenkami reikšmingiausi vertinimo kriterijai. Kriterijų reikšmingumas (teorinis bei kompleksinis) taip pat reitinguojamas Entropijos metodu. Pagal reikšmingiausius kriterijus, apklaustųjų duomenimis, atliekamas kompozitinių sijų efektyvumo vertinimas.

Pasirenkamas konkretus projektuojamas pastatas, kuriame suprojektuojama, visų tiriamų kompozitinių sijų variantų, viena sija. Projektuojama sija yra administracinio pastato 7-ajame aukšte, viduryje, 5,4 m ilgio ir iš abiejų pusių apkrauta perdangos plokštėmis. Apskaičiuojamos tiriamųjų sijų kainos bei jos palyginamos su standartiniu sprendiniu, t.y. gelžbetoniniu. Apskaičiuojama pigiausios sijos montavimo kaina bei ji palyginama su gelžbetonio montavimo kaina.

Darbas susideda iš įvado, 3 skyrių, išvadų, literatūros sąrašo bei priedų. Darbo apimtis – 86 puslapiai, 81 paveikslai, 5 lentelės, 37 literatūros šaltiniai ir 5 priedai

Author's Kinderis, Tomas. Research on effectiveness of composite beams application in multi-storey buildings. Master's Final Degree Project / supervisor prof. Mindaugas Daukšys; The Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Engineering, Technological Sciences

Keywords: composite beam, „Deltabeam“, „Thorbeam“, „Slimfoor beam“, „Asymetric slimfoor beam“.

Kaunas, 2019. 86 pages.

Summary

In this master thesis there were analysed composite beams (composed from steel and concrete) which were applied in Lithuania and abroad. There had been reviewed potentialities of application and the main advantages of composite beams comparing to conventional widely applied reinforced concrete beam. Also presenting parts of composite beams, containing materials and scientific researches of composite beams which had been researched in this area.

In the experimental part of the thesis some benchmarks were chosen (such as price, retention power, timespan of installation and etc.) then specialists of constructions were surveyed and the most critical benchmarks were selected according to this survey. The benchmarks significance (theoretical and complex) also were rated by Entropy method. Composite beams effectiveness evaluation were performed according benchmarks selected during the survey of specialists.

There was specific building chosen and one specific part were designed with all types of beam described in this thesis. The beam which were designed for building of administration were on 7th floor in the middle, 5,4 m length, and were loaded with concrete slabs. The price of all types of beams were calculated and compared with conventional reinforced concrete. The installation's price of the cheapest beam were calculated and were compared with the price of installation of reinforced concrete.

The thesis consists of introduction, 3 chapters, conclusion, references and appendixes. The scope of thesis 86 pages, 81 figures, 5 tables, 37 references and 5 appendixes.

IVADAS

Spartėjant miestų bei pramonės spartai, statomi vis didesni, aukštesni, įmantresnių formų pastatai bei statiniai, kuriems reikia sudėtingų, inovatyvių konstrukcijų. Tokie projektai dar nesenai atrodė, kaip neįgyvendinama fantazija, bet atsiranda galimybės, pritaikius inovatyvius sprendimus, drąsiausius bei keisčiausius architektų sumanymus paversti realybe. Vienas iš šių inovatyvių sprendimų – kompozitinės sijos idėja – viename gaminyje sujungti ir racionaliausiu būdu išnaudoti geriausias plieno ir betono technines charakteristikas. Kompozitinė sija – struktūrinis elementas, sudarytas iš dviejų ar daugiau skirtingų medžiagų, sujungtų kartu, kad veiktų kaip vienas. Didžiausia sistemos nauda tai, kad ji yra stipresnė nei jos atskirų dalių suma (šiuo atveju betonas ir plienas).

Šiuolaikinės statybos reikalauja vis inovatyvesnių statybinių sprendimų. Didžiausias visų laikų statybos rinkos poreikis – kokybiškos, patvarios, ekonomiškos, greitai montuojamos bei pigios konstrukcijos. Prie tokių konstrukcijų priskiriamos gan nesenai pradėtos naudotos kompozitinės sijos. Viena iš kompozitinių sijų Suomijos įmonės „Peikko“ užpatentuotas gaminys, kuris šiandien užima tvirtą rinkos dalį, „Deltabeam“ sija. Priskaičiuojama daugiau nei 10 tūkst. objektų, kuriuos statant buvo sumontuotos „Peikko“ „Deltabeam“ sijos. Iki šiol šios kompozitinės sijos yra tobulinamos, ieškoma naujų sprendimų, dėl to nuolat auga sijų pritaikymo sritis bei galimybės. Nuo šių sijų neatsilieka ir kitos kompozitinės sijos – „Thor beam“, „Slimfloor beam“ bei „Asymetric slimfloor beam“, kurios ir bus tiriamos šiame darbe.

Baigiamojo darbo tyrimų objektas: kompozitinės sijos – „Deltabeam“, „Thorbeam“, „Slimfloor beam“ bei „Asymetric slimfloor beam“.

Darbo tikslas – atlikti kompozitinių sijų panaudojimo daugiaaukščiuose pastatuose efektyvumo tyrimą.

Darbo uždaviniai:

- atlikti Lietuvos bei užsienio literatūros šaltinių analizę nagrinėjama tematika;
- išanalizuoti kompozitinių sijų sudedamąsias dalis, medžiagas bei įrengimo technologijas;
- parinkti alternatyvius kompozitinių sijų variantus;
- parinkti nagrinėjamos alternatyvos vertinimo kriterijus;
- taikant daugiakriterinio vertinimo metodą atlikti kompozitinių sijų panaudojimo daugiaaukščiuose pastatuose efektyvumo analizę.

Praktinė vertė – statybos rinka nuolat plečiasi – siūlomi statybiniai sprendimai, medžiagos nuolat tobulėja bei pasiūla vis didėja. Tad šis darbas atskleidžia kompozitinių sijų, kurios naudojamos daugiaaukščiuose pastatuose, panaudojimo galimybes, privalumus bei trūkumus.

1. LITERATŪROS ANALIZĖ

Žodis „kompozitas“ (lot. *compositus* - sudėtinis, susidedantis iš keleto elementų) technikoje pradėtas vartoti XIX a. pabaigoje, kai imtos tyrinėti sudėtinės medžiagos siekiant sukurti lengvesnes ir stipresnes konstrukcijas. Taigi bendras „kompozito“ apibrėžimas būtų toks: tai vienalytė medžiaga, sudaryta iš dviejų ar daugiau visiškai skirtingų medžiagų, kurios būdamos atskirai negalėtų atlikti funkcijų, kurias gali atlikti būdamos kartu [1].

Šiame darbe nagrinėjamos kompozitinės sijos, naudojamos daugiaaukščiuose pastatuose, perdangos plokštėms atremti. Kompozitinių sijų variantų gali būti begalė, tokių kaip medis – plastikas, stiklo pluoštas, anglies pluoštas, bazalto pluoštas, aramido pluoštas ir pan. [2]. Bet ko gero, šiandien labiausiai paplitusios ir daugiausia naudojamos, bei statybos rinkoje dėl daugelio priežasčių pirmaujančios, kompozitinės sijos susidedančios iš plieno ir betono. Tad šiame darbe panagrinėkime keletą kompozitinių sijų, kurių komponentai plienas – betonas.

1.1. „Deltabeam“ kompozitinė sija

„Deltabeam“ sija, tai pranaši kompozicinė sija, leidžianti gauti lygaus paviršiaus perdangas, įvairios paskirties daugiaaukščių pastatų tiek požeminiams, tiek antžeminiams aukštams. Jos kompozicinis darbas tarp plieno ir betono leidžia sukurti konstrukcijas su didelėmis atviromis erdvėmis. Daugkartiniai bandymai gaisro sąlygomis įrodė, kad „Deltabeam“ sijos turi puikų atsparumą ugniai be papildomo ugniaatsparinimo. Jų naudojimas projekte leidžia sumažinti pastato aukštį, pašalinant konstrukcijų susikirtimus su inžinerinėmis sistemomis.

Nuo 1989 m. „Deltabeam“ sijos buvo panaudotos tūkstančiuose pastatų visame pasaulyje. Su „Deltabeam“ sijoms buvo atlikti išsamūs bandymai, o gauti rezultatai yra patvirtinti skirtingose šalyse. „Peikko“ techninis konsultavimo skyrius visada gali padėti surasti labiausiai tinkamą sprendimą bet kuriam projektui.

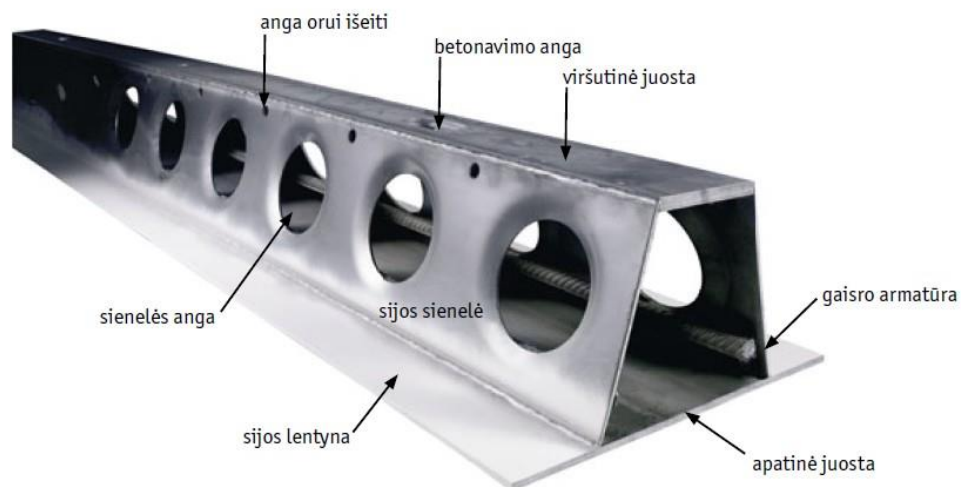
Kompozitinės sijos nauda:

- greitas ir lengvas montavimas;
- standartizuoti jungimo mazgai;
- taupo statybinį aukštį;
- lengvas inžinerinių sistemų įrengimas;
- ekonomiškumas;

- platus „Deltabeam“ sijų tipų jungimo mazgų pasirinkimas;
- neapribotas erdvės planavimas per visą pastato gyvavimo trukmę;
- atsparumo ugniai kategorija iki R180 be papildomo ugniaatsparinimo;
- CE ženklavimas;
- suteikia galimybę gauti LEED ir BREEAM sertifikavimo balų;
- techninės konsultacijos vietiniame šalies filiale;
- „Deltabeam“ sijų projektavimo įrankiai [3].

1.1.1. Gaminio savybės

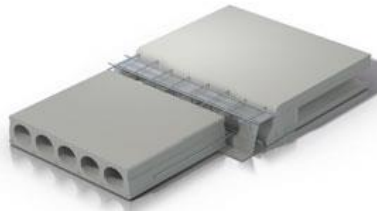
„Deltabeam“ sija yra perdangos aukščio kompozicinė sija, kuri yra integruota perdangoje. Sija yra pilnai užpildoma betonu statybos aikštelėje. Siją užpildantis betonas ir „Deltabeam“ sija sudaro kompozicinę konstrukciją po to, kai betonas visiškai sukietėja. „Deltabeam“ sija dirba kaip plieninė sija iki tol kol siją užpildantis betonas pasiekia reikiamą stiprumą. „Deltabeam“ yra gaminama iš plieninių lakštų, kurie gamykloje suvirinami tarpusavyje (žiūrėti 1 paveikslą). Ji gali būti naudojama su visais pagrindiniais perdangų tipais [4].



1 pav. „Deltabeam“ sijos dalys [4]

„Deltabeam“ sija gali būti naudojama su visais pagrindiniais perdangų tipais. Tinkamiausi perdangų tipai:

- kiaurymėtosios perdangų plokštės;
- „Filigran“ tipo perdanga;
- profiliuotas paklotas;
- monolitinio betono perdanga.



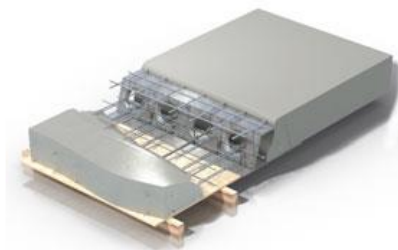
2 pav. Kiaurymėtos perdangos plokštė [4]



3 pav. „Filigran“ tipo perdangos plokštė [4]




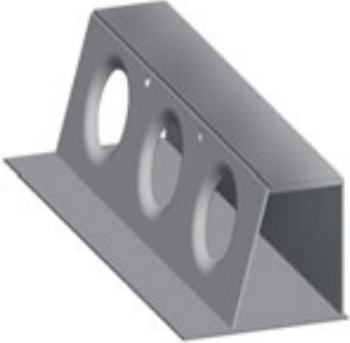
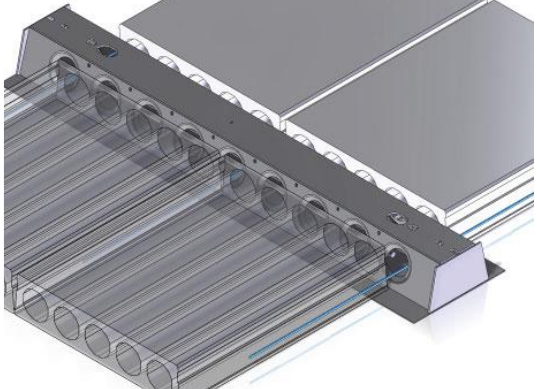
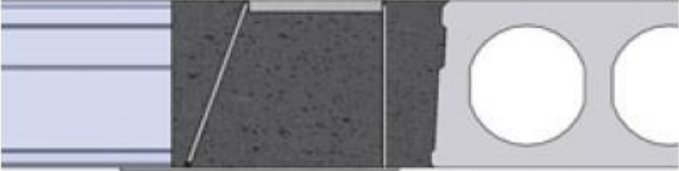
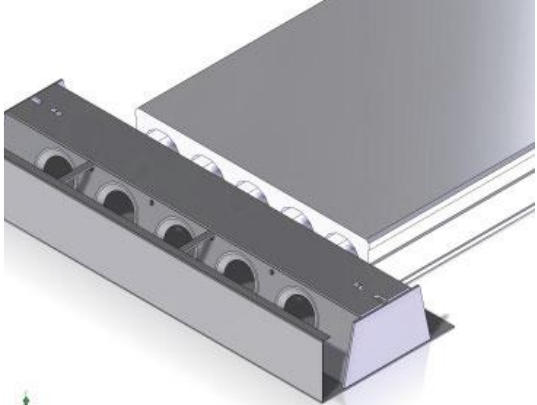
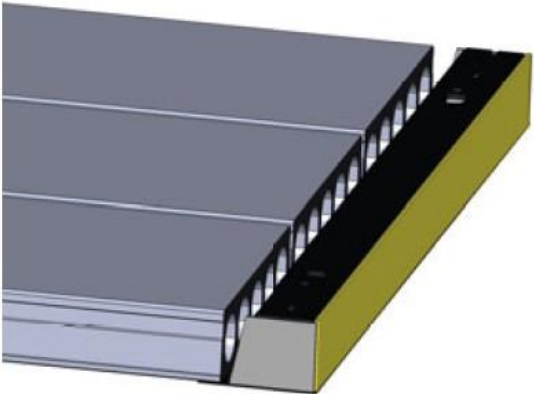
4 pav. Profiliuotas paklotas [4]



5 pav. Monolotinio betono perdanga [4]

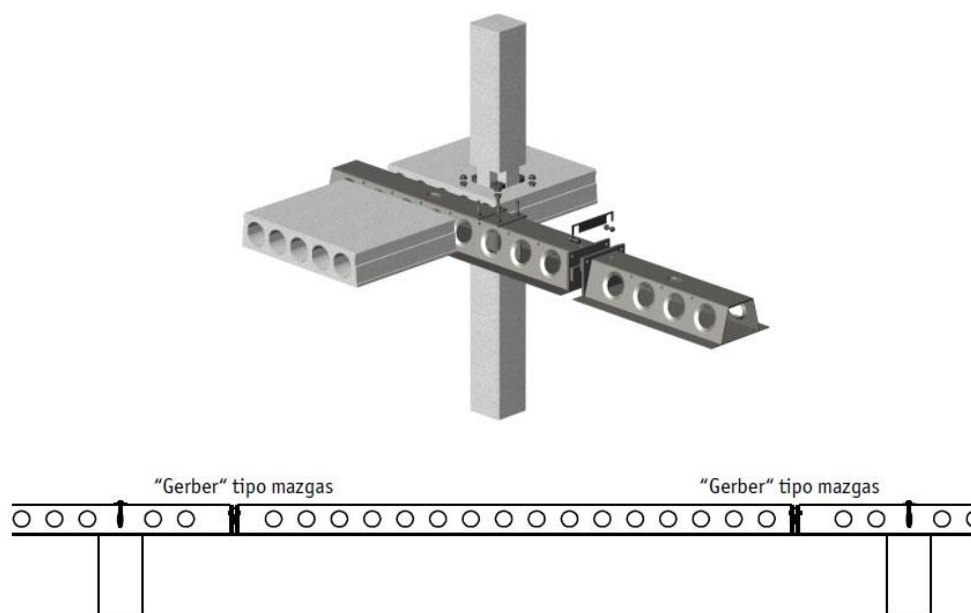
„Deltabeam“ sijos yra dviejų tipų. D-tipo „Deltabeam“ sijos turi lentynas abiejose sijos pusėse. Perdangos elementus galima remti ant abiejų šio tipo sijų pusių. DR-tipo „Deltabeam“ sija turi vieną vertikalią sienelę ir tik vieną lentyną. Abiejų tipų „Deltabeam“ sijos gali būti panaudotos kaip kraštinės sijos, remiant perdangos elementus tik ant vienos sijos pusės. Lenkti perdangų kraštai gali būti suformuoti sujungiant D-tipo siją su lenktu klojiniu. 1 lentelėje parodyti „Deltabeam“ sijų pritaikymo pavyzdžiai.

1 lentelė. „Deltabeam“ sijų pritaikymo pavyzdžiai [5]

<i>D-tipo „Deltabeam“ sija</i>	<i>DR-tipo „Deltabeam“ sija</i>
	
<i>Panaudota kaip vidinė sija</i>	<i>Panaudota kaip kraštinė sija, kai reikalinga siauresnė sija</i>
	<p>Vertikali sienelė yra apsaugota nuo ugnies kitomis konstrukcijomis arba individualiomis apsaugos priemonėmis</p> 
<i>Panaudota kaip kraštinė sija kartu su plieniniu klojinium</i>	<i>Naudojama perdangos angų ar perdangos kraštų aprėminimui</i>
<p>Neapkrauta „Deltabeam“ sijos pusė apsaugoma nuo ugnies užbetonuojant</p> 	<p>Individuali apsauga nuo ugnies ant vertikalios sienelės</p> 

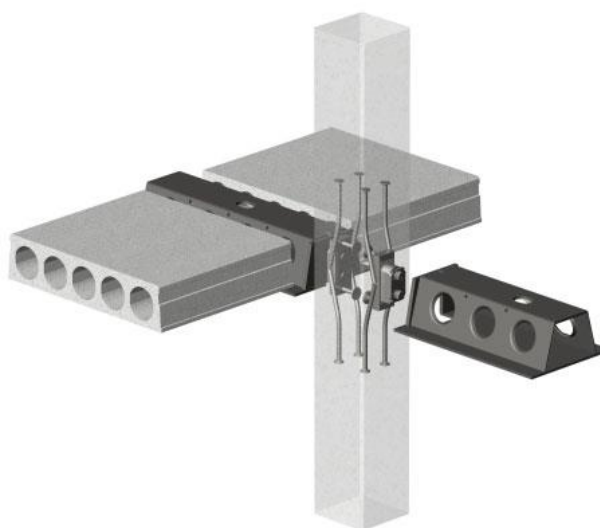
„Deltabeam“ sijos gali būti naudojamos kaip dviatramės ir daugiaatramės sijų konstrukcijos. „Deltabeam“ sijos taip pat gali būti panaudotos kaip konsolinių sijų konstrukcijos. Daugiaatramių

sijų konstrukcijose „Gerber“ jungimo mazgai užtikrina „Deltabeam“ sijų nekarpytumą (žiūrėti 6 paveikslą). „Peikko“ suprojektuoja tinkamiausias vietas „Gerber“ jungimo mazgams. Standartiškai šiame mazge naudojami intarpai, leidžiantys montavimo paklaidas.



6 pav. „Gerber“ tipo mazgas, užtikrinantis „Deltabeam“ sijų nekarpytumą [5]

„Deltabeam“ sijos gali būti naudojamos su visais paplitusiais kolonų tipais. „Deltabeam“ sijos sujungiamos su kolonomis per konsoles arba pritvirtinant siją ant kolonos viršaus su varžtais ar privirinant. „Deltabeam“ sijų prijungimui prie gelžbetoninių kolonų rekomenduojama naudoti „Peikko“ PCs paslėptas konsoles (žiūrėti 7 paveikslą). PCs konsolė yra modulinė vizualiai nematoma kolonos konsolė, suprojektuota specialiai „Deltabeam“ sijoms [5].

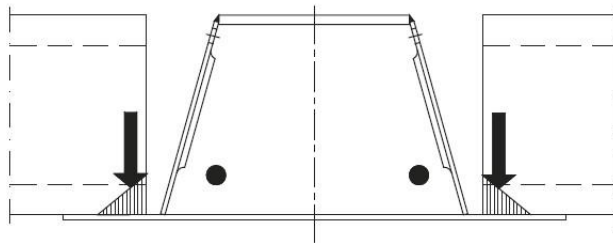


7 pav. „Deltabeam“ sija prijungta prie surenkamojo gelžbetonio kolonos, panaudojant „Peikko“ PCs paslėptą konsolę [5]

1.1.2. Konstrukcijos elgsena

Montavimo stadija

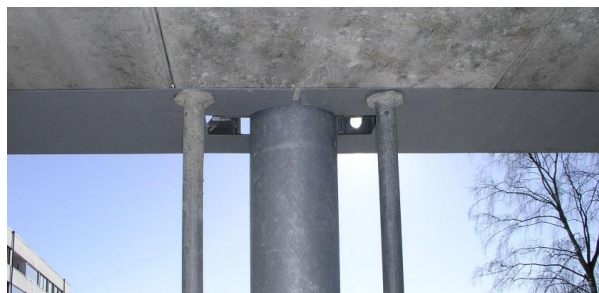
„Deltabeam“ sija dirba kaip plieninė sija iki tol kol betonas po užpildymo pasiekia reikiamą stiprumą. Montavimo stadijos metu, visos apkrovos perduodamos į „Deltabeam“ siją per sijos lentynas (žiūrėti 8 paveikslą). Svarbu kiaurymėtosios perdangos plokštės galinį kraštą teisingai padėti ant sijos lentynos, nes tai įtakoja „Deltabeam“ sijų projektavimą. Montavimo stadijos projektavimas yra atliekamas remiantis tampraus būvio projektavimo pagrindais, montavimo stadijos metu veikiančioms apkrovoms. „Deltabeam“ sijų išankstinis išlinkis kompensuoja atsiradusius įlinkius montavimo stadijos metu. Išankstinio išlinkio dydis priklauso nuo „Deltabeam“ sijos ilgio, apkrovų montavimo stadijos metu ir pasirinktos skaičiuojamosios schemos.



8 pav. Apkrovų perdavimas montavimo stadijos metu [5]

Apkrovų poveikis, toks kaip sukimas, susidarantys montavimo stadijos metu, turi būti įvertintas projektuojant jungimo mazgus ir atramines konstrukcijas. Sukimą gali sukelti tokie veiksniai, kaip pavyzdžiui: kintami atstumai tarp sijos atramų, kintamos apkrovų reikšmės ar nesimetriškas perdangų išdėstymas.

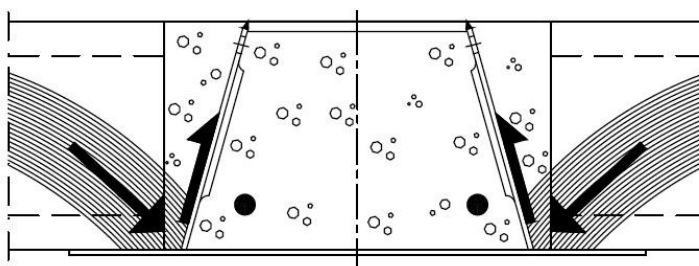
Perdangose su kiaurymėtosiomis perdangos plokštėmis, išramstymas yra reikalingas tik apsaugoti „Deltabeam“ siją nuo sukimosi atraminiuose mazguose. Sijų išramstymo funkcija nėra skirta neleisti susidaryti įlinkiams sijoje. Išramstymas nereikalingas, jeigu „Deltabeam“ sijų mazgai ir atraminės konstrukcijos yra suprojektuotos perimti apkrovas montavimo stadijos metu. Laikini statramsčiai turi būti suprojektuoti taip, kad perimtų juos veikiančias apkrovas montavimo stadijos metu. „Deltabeam“ sija gali perduoti ekscentriškų jėgų poveikį į koloną.



9 pav. „Deltabeam“ sijos išramstymas [5]

Eksploatavimo stadija

Siją užpildantis betonas ir „Deltabeam“ sija suformuoja kompozicinę konstrukciją, po to kai betonas pasiekia reikiamą stiprumą. Eksploatavimo stadijoje apkrovos į „Deltabeam“ siją yra perduodamos per gniuždomą arką į pasvirusias sijos sienelės (žiūrėti 10 paveikslą). Apkrovų perdavimas yra įrodytas apkrovimo bandymais, kai „Deltabeam“ sija buvo bandoma be sijos lentynų. Skersinė armatūra, kuri yra sudedama pro „Deltabeam“ sijos sienelės angas, užtikrina apkrovų perdavimą.



10 pav. Apkrovų perdavimas eksploatavimo stadijoje [5]

Šlyties sąveika tarp siją užpildančio betono ir „Deltabeam“ sijos yra suformuojama per sijos sienelės angų sukeltą spraustelio efektą. Statiniai apkrovimo bandymai įrodė, kad kompozicinė sąveika yra visiškai pasiekta.

Gaisro situacija

„Deltabeam“ sijų atsparumo ugniai vertės nustatymas yra pagrįstas norminiais gaisro bandymais, bei projektavimo rekomendacijomis gautomis bandymų metu. „Deltabeam“ sijų atsparumas ugniai gali būti iki R180. „Deltabeam“ sijos yra projektuojamos atsižvelgiant į projekto atsparumo gaisrui reikalavimus.



11 pav. Gaisro armatūra „Deltabeam“ sijos viduje [5]

Gamykloje į „Deltabeam“ sijos vidų yra įdedamas suprojektuotas skaičius gaisro armatūrų (žiūrėti 11 paveikslą). Aukštas atsparumas ugniai yra įgyjamas dėl gaisro armatūros ir siją užpildančio betono. Gaisro metu „Deltabeam“ sijos gaisro armatūra ir sijos sienutės dirba kaip tempiama armatūra. Gaisro armatūra kompensuoja stiprumą, kurio netenka apatinė juosta, ir dėl to papildomas sijos ugniaatsparinimas įprastai nereikalingas [5].

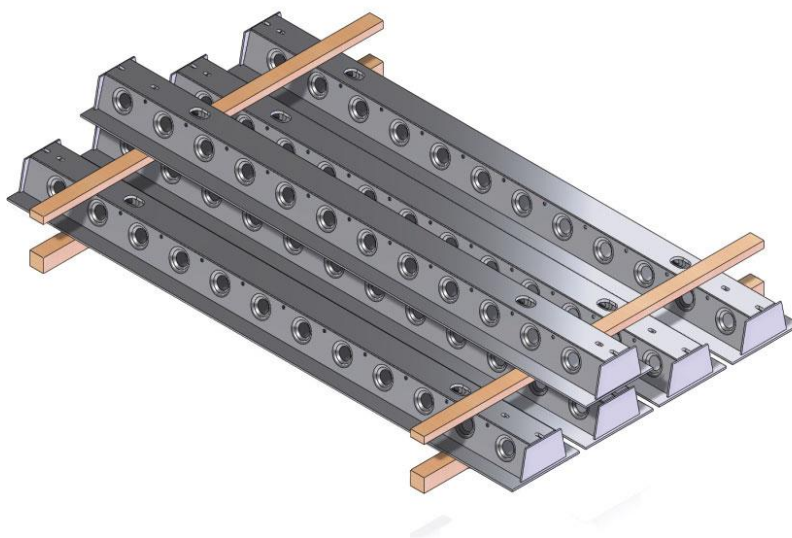
1.1.3. „Deltabeam“ sijų montavimas

Pristatymas

„Deltabeam“ sijos pristatomos į statybos aikštelę pagal suderintą projekto grafiką. „Peikko“ turi gauti patvirtinimą kiekvienam krovinio vežimui, dvi savaitės prieš krovinio pakrovimą. Skirtingų ilgių „Deltabeam“ sijos nekraunamos gamykloje pagal montavimo eiliškumą statyboje, nes tai neekonomiška ir nepraktiška. Sijos yra paženklintos gaminio numeriais pagal brėžinius.

Sandėliavimas statybos aikštelėje

„Deltabeam“ sijos matoma apatinė dalis yra nudažyta antikoroziiniu gruntu. Ilgai sandėliuojant sijas, jos turi būti uždengtos. Mediniai tašeliai yra dedami po sijomis, kad apsaugoti paviršiaus padengimą. Mediniai tašeliai turi būti nesutepti tepalais ar kitomis medžiagomis, kurios galėtų pažeisti paviršiaus padengimą. Kai sijos sandėliuojamos rietuvėse, turi būti užtikrinta jų laikomoji galia ir paviršiaus horizontalumas.



12 pav. „Deltabeam“ sijų sandėliavimas [6]

Kėlimas ir pervežimas

„Deltabeam“ sijos gali būti keliamos ir pervežamos naudojant įprastinius kėlimo įrenginius, tokius kaip kranai ir šakiniai krautuvai. Kiekvienos „Deltabeam“ sijos svoris yra nurodytas ant gaminio lipduko priklijuoto ant sijos arba gaminio brėžinyje. Taip pat ant sijos yra priklijuotas CE ženklinimo lipdukas. „Deltabeam“ sijos turi būti keliamos už kėlimo skylių, išdėstytų viršutinėje juostoje simetriškai sijos masės centrui. Turi būti pranešta apie maksimalų leistiną grandinės kėlimo kampą. Tam tikrais atvejais, kai nėra kėlimo skylių, „Deltabeam“ sijos gali būti keliamos grandinėmis užkabintomis per sijos sienelės angas. Kai kuriais atvejais trečia grandinė yra reikalinga tam, kad pakelti „Deltabeam“ siją ir išlaikyti jos pusiausvyrą. Pavyzdžiui, „Deltabeam“ sijos su plačiais klojiniais turėtų būti keliamos naudojant kėlimo skyles, o trečia grandinė turi būti pritvirtinta prie klojinio.



13 pav. „Deltabeam“ sijų kėlimas [6]

„Deltabeam“ sijų montavimas

Visada turi būti laikomasi projekto nurodymų. Kiekviena „Deltabeam“ sija turi gaminio numerį ant viršutinės juostos. Sijos montuojamos tokia kryptimi, kad gaminio numerio užrašymo kryptis ant „Deltabeam“ sijos viršutinės juostos, atitiktų užrašymo kryptį „Deltabeam“ sijų plane.

„Deltabeam“ sijų jungimas

„Deltabeam“ sijos yra sujungiamos pagal montavimo planus ir jungimo mazgus. Jungimo mazgai yra nurodyti kiekvieno projekto konstrukcijų planuose. Intarpai ir išlyginimo plokštelės turėtų būti sudėtos pagal projekto dokumentaciją. Kartu su „Deltabeam“ sijomis pristatomos tik tos montažinės detalės, kurios sujungia „Deltabeam“ sijas tarpusavyje („Gerber“ ir šoninio jungimo mazgai).

„Deltabeam“ sijos turi būti sujungtos tarpusavyje ir prijungtos prie kitų konstrukcijų prieš išdėstant išramstymo statramsčius ir perdangų gaminius. Jeigu atliekami suvirinimo darbai statybos

aiškstelėje, tai suvirinimo procesas ir suvirintojų kvalifikacija turi atitikti projekto dokumentacijos nurodymus.

„Gerber“ ir šoninio sujungimo mazguose yra sudedami intarpai, kad būtų išlaikomos leistinos montavimo paklaidos. Leistinos montavimo paklaidos yra +5 mm / -10 mm, o maksimalus tarpas yra 15 mm. „Deltabeam“ sijų ilgis projektuojamas įvertinant tarpus, taip kad 5mm storio tarpas galėtų būtų įdėtas į kiekvieną sujungimą, po „Deltabeam“ sijų sumontavimo prieš užveržiant varžtus. Galimi nukrypimai nuo bendro sijų linijos projekcinio ilgio yra išlyginami pridedant arba išimant tam tikrą tarpų kiekį į kitus sujungimus neperžengiant leistinų nuokrypių.

Kai montuojamos nekarpytos schemas „Deltabeam“ sijos, kiekvienos „Deltabeam“ sijos padėtis ir bendras sijų linijos ilgis turi būti patikrintas prieš užveržiant varžtus „Gerber“ tipo ir kituose mazguose. Karpytos sijos schemas galinės atramos privalo būti apsaugotos nuo pakilimo montavimo metu.

Išlyginimo plokštelės yra dedamos ant gelžbetoninių konstrukcijų taip, kad kontaktinių įtempimų poveikis liktų armatūros apkabų perimetro viduje. Kraštų nuskėlimų rizika gali būti sumažinta, padarant nusklembtas briaunas betoninių konstrukcijų kraštuose. Nerekomenduojama naudoti neopreną tarp „Deltabeam“ sijos ir atraminės konstrukcijos.



14 pav. „Gerber“ jungimo mazgas [6]

„Deltabeam“ sijų išramstymas

Išramstymas turi būti atliktas prieš montuojant perdangos gaminius pagal projekto nurodymus. „Deltabeam“ sijos turi būti pritvirtintos prieš jų išramstymą pagal montažinius planus ir jungiamuosius mazgus. Statramsčių padėtis bei apkrovos į statramsčius turi būti nustatytos iš inžinieriaus – konstruktoriaus nurodymų.

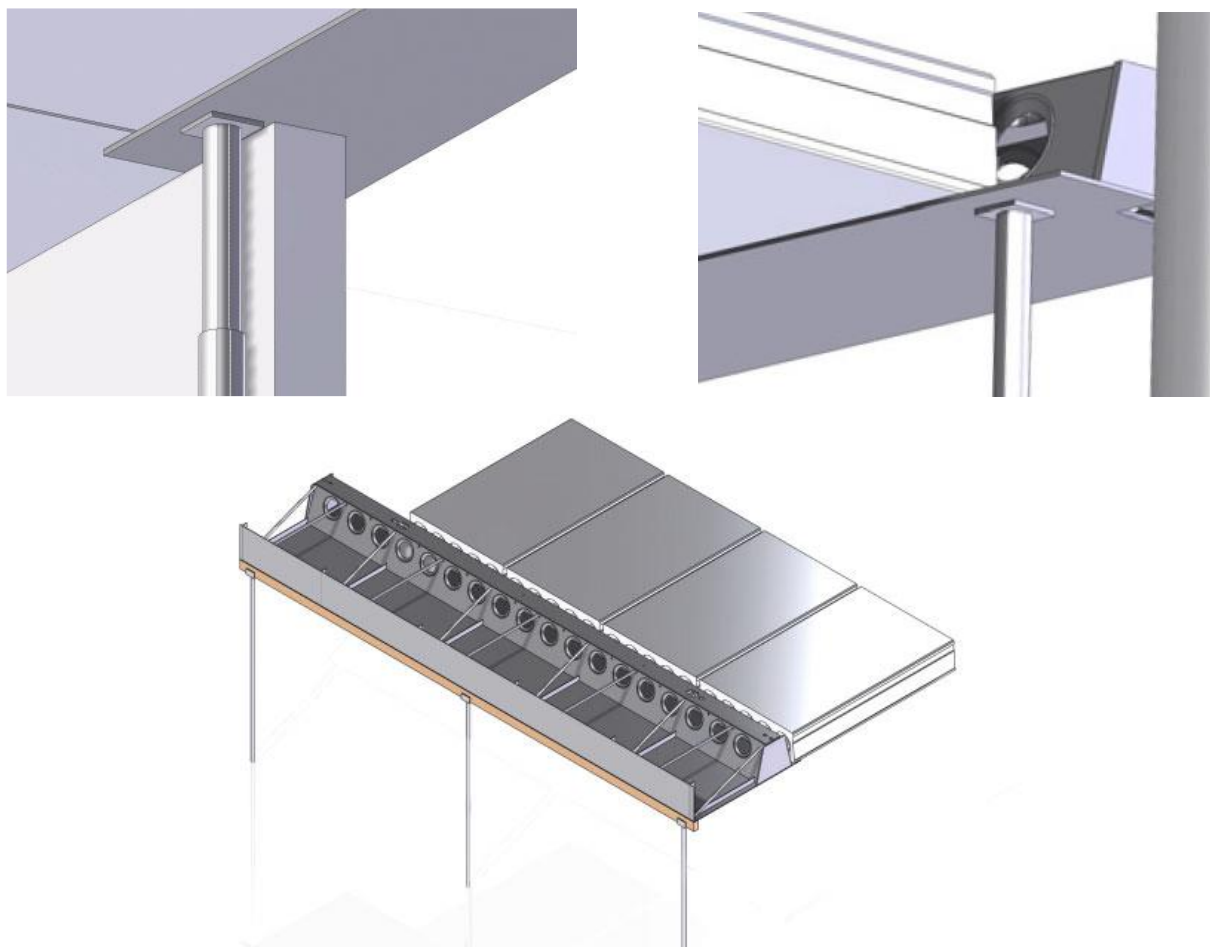
Statramsčių stabilumas privalo būti patikrintas po jų sumontavimo. Pagrindas statramsčių atrėmimui taip pat turi būti patikimas ir tvirtas. Statramsčiai turi būti sumontuoti kiek galima arčiau sijos atramos. Statramsčiai turi būti sudėti apkrautoje sijos pusėje tiesiai po sijos sienele. Statramsčiai

gali būti nuimti tik tada, kai siūlių užpildymo betonas ir „Deltabeam“ sijų užpildantis betonas pasiekia reikiamą stiprumą.

Perdangose su kiaurymėtosiomis perdangos plokštėmis, „Deltabeam“ sijų išramstymas yra naudojamas tik tam, kad apsaugoti siją nuo sukimosi atramose. „Deltabeam“ sijų išramstymas nėra skirtas išvengti sijų įlinkio. Kiaurymėtosioms perdangos plokštėms neturi būti išramstomos be jų gamintojo leidimo.

Kai „Deltabeam“ sija yra remiama ant sienos, esančios lygiagrečiai sijai, galo, turi būti laikomasi inžinieriaus – konstruktoriaus parengto išramstymo plano.

„Deltabeam“ sijų platūs klojiniai visada turi būti paremti. Medinis tašas padedamas po klojinio kampu ir paremiamas statramsčiais. Medinis tašas turi būti tokio paties ilgio, kaip ir klojinys.



15 pav. „Deltabeam“ sijų išramstymo pavyzdžiai [6]

Ypatingas dėmesys turėtų būti skiriamas nesimetriškai atremtoms sijoms, ilgų tarpatramių sijoms bei esant dideliems išramstymo aukščiams. Kai išramstymo aukščiai yra dideli, yra naudojami tradiciniai metodai tokie kaip laikinos kolonos ar statybiniai bokšteliai [6].

1.1.4. Perdangos plokščių montavimas

Prieš montuojat perdangos gaminius, „Deltabeam“ sijos ir statramsčiai turi būti tinkamai sumontuoti, bei jungimo mazgai patikimai užvežti ar suvirinti. Kad sumažinti sijos sukimaši, perdangos gaminiai turėtų būti montuojami pakaitomis skirtingose sijos pusėse. Po perdangos plokščių montavimo toliau vykdomas reikalingų klojinių, kraštų formavimo įrengimas bei sudedama armatūra į perdangą.

Perdangos gaminiai turi būti montuojami tiesiai ant sijos lentynos. Nerekomenduojama naudoti neopreno. Perdangos gaminiai turi būti sumontuoti taip, kad maksimalus tarpas tarp „Deltabeam“ sijos sienelės ir perdangos gaminio galo būtų – 30mm. Jeigu šis atstumas viršytas, reikia susisiekti su „Peikko“ arba projekto inžinieriumi – konstruktoriumi. Galiausiai visos skylės apatinėje „Deltabeam“ sijos pusėje (konsolių vietos, šoninio jungimo mazgai, „Gerber“ tipo mazgai) turi būti uždengtos. Taip pat sudedama armatūra į perdangos plokščių tarpus bei sudedama perimetrinė perdangos disko (diafragmos) armatūra.

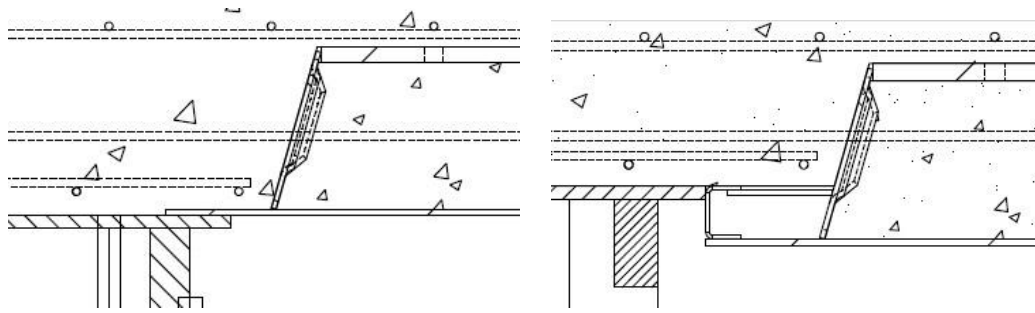
Profiliuotas paklotas turi būti montuojamas pagal projektą. Profiliuotas paklotas turi būti atremtas tame pačiame lygyje kaip ir sija ir turi atkartoti sijos išlinkio formą. Neleidžiama palikti tarpų reguliavimui. „Filigran“ tipo plokštės atremiamos tokiaame pačiame projektiniame išlinkime kaip ir perdanga. „Deltabeam“ sijos yra gaminamos su išankstiniu išlinkiu, kuris kompensuoja „Deltabeam“ įlinkį susidarantį dėl perdangos plokščių montavimo.



16 pav. Kiaurymėtų perdangų plokščių montavimas [6]

Monolitinio betono plokštės

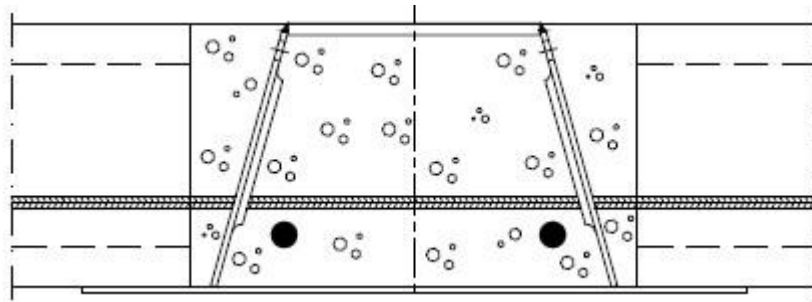
Monolitinio betono plokštės yra įrengiamos projektiniame lygyje. Norint gauti lygų apačios paviršių su monolitinio betono plokšte, rekomenduojama perdangos klojinį įrengti po apatine sijos juosta. Kai naudojamos paaukštintos atramos ant sijos lentynos, klojiniai yra įrengiami šalia paaukštinimo atramos [6].



17 pav. Monolitinių betono plokščių montavimas [6]

1.1.5. Armavimas

Armavimas yra įrengiamas pagal projektą. „Deltabeam“ sijų minimalus skersinis armavimas yra $94 \text{ mm}^2/\text{m}$. Skersinė armatūra privalo būti sudėta net jeigu strypai būna užlenkti virš „Deltabeam“ sijos. Skersinė armatūra visada turi praeiti per „Deltabeam“ sijos sienelės angas arba per papildomas angas sijos sienelėje (aukštuose „Deltabeam“ sijų profiliuose). Perimetrinės perdangos disko (diafragmos) armatūros sumontavimui šoninio jungimo mazguose yra padarytos skylės, o „Gerber“ tipo mazguose yra padarytos išpjovos strypams.



18 pav. „Deltabeam“ sijos armavimas [6]

1.1.6. Betono mišinio klojimas

„Deltabeam“ sijos yra užliejamos betonu tuo pat metu kaip ir perdangos plokštė arba tarpai tarp kiaurymėtu perdangos plokščių. „Deltabeam“ sija privalo būti užpildyta betonu vienu betonavimo etapu. „Deltabeam“ sija privalo būti visiškai užbetonuota tam, kad ji pasiektų kompozitinės sijos savybes. „Deltabeam“ sijos yra suprojektuotos laikinoms naudojimo apkrovoms pagal LST EN 1991-1-6 ir Lietuvos Nacionalinį priedą.

Konstruktinis betonas visada naudojamas betonavimo darbams. Betono klasė turi atitikti nurodytą projekte. Rekomenduojamas maksimalus užpildo dydis 8mm (ne daugiau kaip 16mm). „Gerber“ ir šoninių jungčių apatinė dalis privalo būti visiškai užpildytos betonu. Viršutinis konstrukcinis betono sluoksnis yra liejamas pagal projekto nurodymus.

Betono mišinio klojimas:

1. Prieš betonavimą patikrinti ar nuo „Deltabeam“ sijos nuvalyti nešvarumai.
2. Patikrinti ar klojiniai ir armavimas atitinka projektą.
3. Pradinis užpildymas betonu turėtų būti atliekamas per betonavimo angas, esančias sijos viršutinėje juostoje. „Deltabeam“ sija pripildoma betonu iki sijos sienelėje, esančios angos apačios.
4. Po pradinio užpildymo, vykdomas galutinis užpildymas betonu tik iš vienos „Deltabeam“ sijos pusės.
5. Patikrinti, kad „Deltabeam“ sija būtų pilnai užpildyta betonu, stebint oro angas priešingoje „Deltabeam“ sijos pusėje. Sija yra pilna, kai betonas pradeda bėgti per oro angas. Reikia vengti betono išsiliejimo virš sijos, nes tai apsunkins stebėjimą ar sija pilnai užpildyta.
6. Betonavimo metu betonas turi būti tankinamas su betono vibratoriumi. Visiškas sijos užpildymas betonu gali būti atliekamas per užpildymo angas sijos viršutinėje juostoje, bet tai trunka ilgiau ir reikalauja daugiau darbo sąnaudų su betono vibratoriumi betono paskirstymui. Naudojant betono vibratorių atkreipkite dėmesį į klojinio plokštelę ir vertikalią sijos sienelę [6].

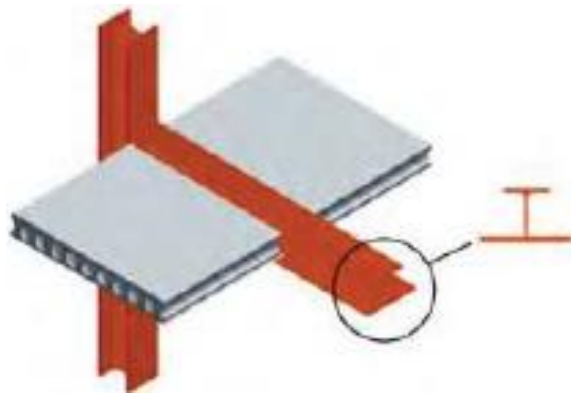


19 pav. „Deltabeam“ sijos betonavimas [6]

1.2. „Slimfloor beam“ ir „Asymetric slimfoor beam“ kompozitinė sija

„Slimfloor beam“ kompozitinė sija – „ArcelorMittal“ grupės sukurta konstrukcija yra greitas, novatoriškas ir ekonomiškąs sprendimas, kuris sujungia surenkamas plokštes su įmontuotomis plieninėmis sijomis. Šis sprendimas sukurtas siekiant pašalinti atsikišimus po grindimis. Tai patikimas ir ekonomiškąs statybos produktas, suteikiantis naują taikymo sritį architekto vaizduotei bei garantuoja ekonomiškumą sijoms iki 14 metro ilgio.

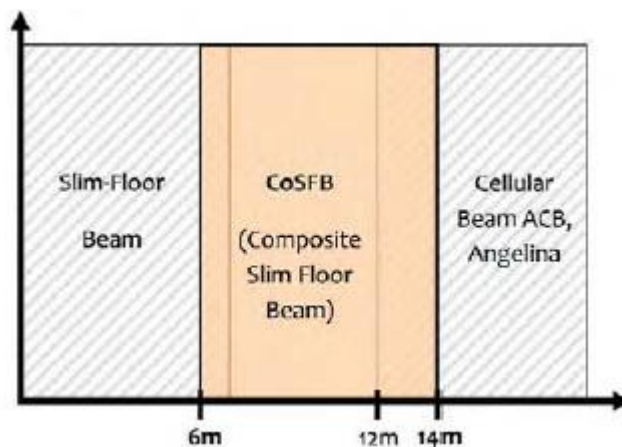
Pagrindinė sijos dizaino paslaptis – specialus asimetrinis skerspjūvis su apatine lentyna, kuri yra platesnė už viršutinę lentyną.



20 pav. „Slimfloor beam“ kompozitinė sijos koncepcija [7]

Šis išdėstymas leidžia perdangos plokštes padėti tiesiai ant apatinės lentynos, kurio rezultatas yra integruotas sprendimas, būdingas labai plonam grindų storiui. „Slimfloor beam“ konstrukcija turi daug techninių ir ekonominių pranašumų bei platų skerspjūvių asortimentą, užtikrinantį maksimalią laisvę pastato planavimui.

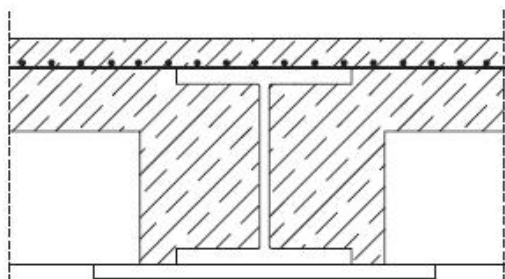
Kompozitinės sijos nuolat tobulinamos, taip išplečiant sijų panaudojimo galimybes [7].



21 pav. Optimali grindų sijų taikymo sritis [7]

1.2.1. „Slimfloor beam“ (iki 8 m)

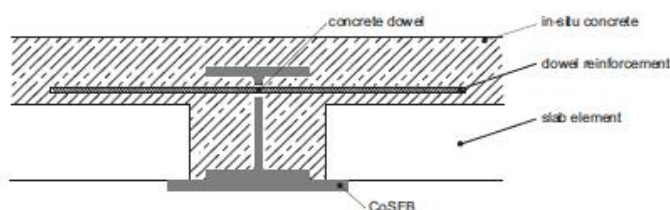
„Slimfloor beam“ konstrukcija yra gerai išvystytas ir ekonomišką sprendimas, kuriame integruojamos pagrindinės plieninės sijos į grindis, dėl to atsiranda atsparumas ugniai, ribotas grindų storis ir veiksmingas medžiagų naudojimas kartu su lengvais ir liaunais elementais. Nekompozicinių sijų tarpatramis gali siekti iki 8 metrų, todėl architektų vaizduotei suteikiama naujų galimybių ir garantuota ekonomika.



22 pav. „Slimfloor beam“ nekompozitinės sijos skerspjūvis bei pritaikymas [7]

1.2.2. „Slimfloor beam“ (nuo 8 m iki 14 m)

Siekiant padidinti „Slimfloor beam“ taikymo sritį ir išlaikyti jos ekonominius bei techninius privalumus, buvo sukurtas kompozitinės sijos modelis. Kompozitinėje sijoje yra įterpta armatūra, jungianti perdangos plokštelę su plienine sija, užtikrinant kompozicinius veiksmus be grindų storio padidėjimo. Armatūros perkišamos per sijoje išgręžtas skylės, sudarydamos armatūros strypų tinklą, pritvirtintą ties skersine kryptimi sijos atžvilgiu. Kompozitinės sijos koncepcija puikiai išsprendžia problemas, kai reikia padidinti tarpatramį.



23 pav. „Slimfloor beam“ kompozitinės sijos skerspjūvis bei pritaikymas [7]

Visos „Slimfloor“ sijos yra asimetrinės formos, kurių apatinės lentynos arba privirinta plokštė, yra platesnės nei viršutinės lentynos, taip leidžianti lengvai ir saugiai montuoti plokščių elementus. Asimetrinės sijos su skirtingų profilių geometrijos yra keičiamos siekiant optimalaus sprendimo pagal projekto reikalavimus.

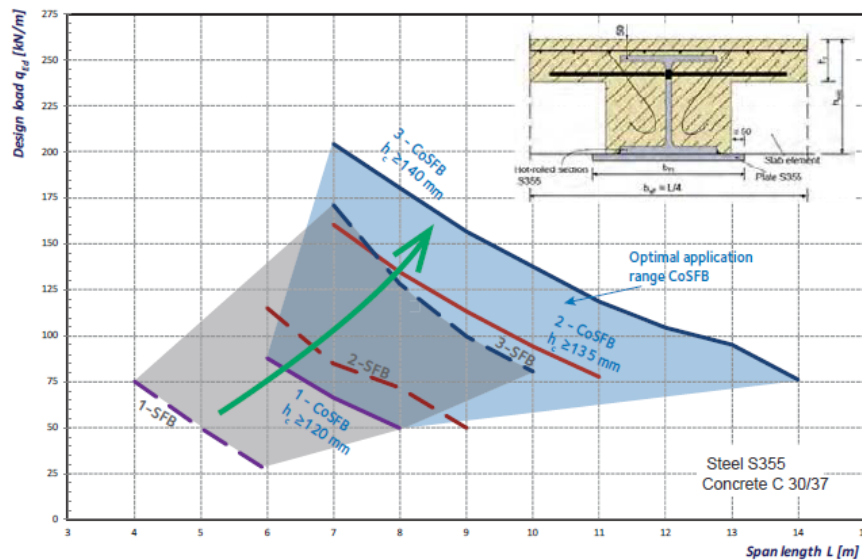


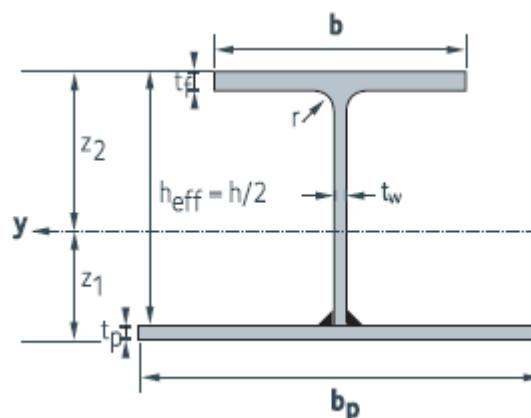
Table of sections	
1-	HE 160B with plate 300 x 15
2-	HE 260B with plate 400 x 20
3-	HE 360B with plate 425 x 20

24 pav. Skirtingų profilių „Slimfoor beam“ taikymo sritis tuo pačiu palyginant kompozitines ir nekompozitines sijas [7]

1.2.3. „Asymmetric slimfoor beam“

A tipas

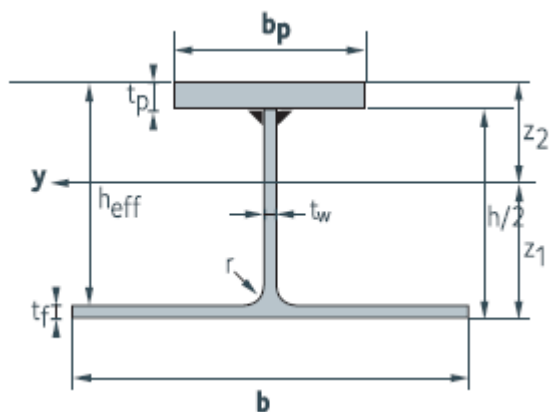
„Asymmetric slimfoor beam“ – apatinė lentynos plokštė privirinta prie supjaustyto HE ar IPE profilio. Gamybos sąnaudos didesnės nei „Slimflor beam“, tačiau linijinis svoris mažesnis. Viršutinis T profilis gali būti padaromas iš IPE500 ar IPE600 profilio, nupjaunant vieną lentyną, ir atitinkamai gaunamas „Asymmetric slimfoor beam“ 250mm arba 300mm aukščio. Apatinės lentynos plotis (plokštės plotos) turi garantuoti perdangos plokščių paramą abiejuose plieno sekcijos pusėse. Tai idealus sprendimas dideliems individualiems projektams.



25 pav. A tipo „Asymmetric slimfoor beam“ sija [8]

B tipas

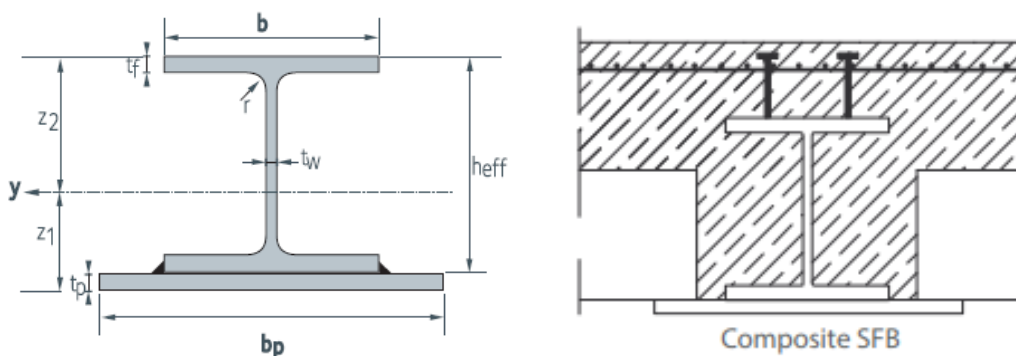
„Asymmetric slimfloor beam“ – viršutinė lrentynos plokštė privirinta prie supjaustyto HE ar HP profilio. Šis sijos tipas tinka mažesniems tarpatriams, kadangi sija yra ganėtinai silpna. Ši sija idealiai tinka didelės apimties individualiems projektams. Pavyzdžiui 12,6 m pločio pastatas gali sumontuotas ant 5,4 m +7,2 m rėmo, kurį sudaro HP400 sijos.



26 pav. B tipo „Asymmetric slimfloor beam“ sija [8]

1.2.4. „Slimfloor beam“

„Slimflor beam“ – plieninė plokštė privirinama prie HE arba IPE profilio apačios. Linijinis svoris šiek tiek didesnis nei „Asymmetric slimfloor beam“ sijos, tačiau gamybos kaštai yra mažesni. Šis sprendimas tinka mažo masto standartiniams projektams, kuriems medžiagos yra nesunkiai gaunamos. „Slimflor beam“ tarpatriamis gali būti nuo 5m iki 15m , kur atininkamai grindų storiai svyruoja nuo 20cm iki 40cm. Sijos gali būti su išankstiniu išlinkiu bei gali būti suprojektuotos kaip kompozitinės sijos, prie kurių privirinti šlyties elementai viršutinėje lrentynoje [8].

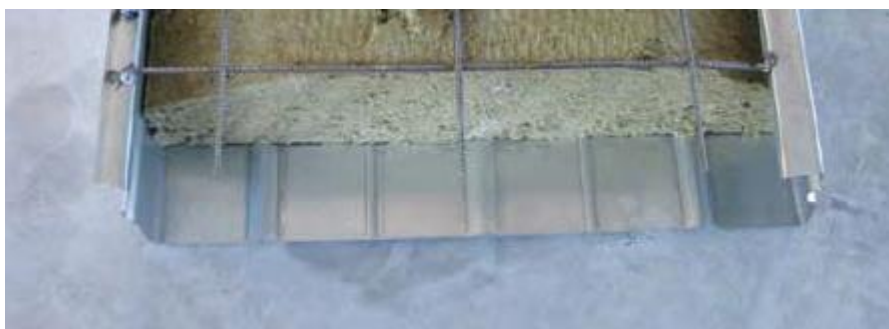


27 pav. „Slimfloor beam“ sijos skerspjūvis [8]

1.2.5. Plokščių tipai

„Cofradal 200/230/260“

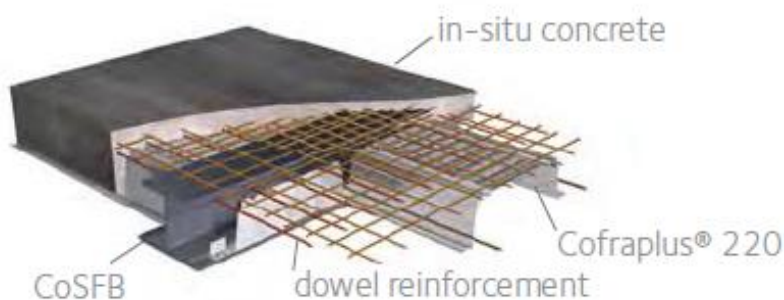
„Cofradal“ yra iš dalies surenkama plokštė, kurią sudaro metalinė kasetinė forma, šilumos izoliacija, armatūra, kuri pritvirtinta prie metalinės formos ir užpildytas betonas. Dėl mažo savojo svorio, didelės laikomosios apkrovos, puikios šilumos izoliacijos ir ugniaatsparumo iki R120 klasės, ši plokštė yra puikus sprendimas viešbučiams, biurams, administraciniams ir gyvenamiesiems daugiaaukščiams pastatams. Be to, kaip numatyta „Cofradal Decibel“, su perforuoto plieno pamušalu, neleidžiamas akustinis našumas: jis sugeria garsą be jokių papildomų instaliacijų.



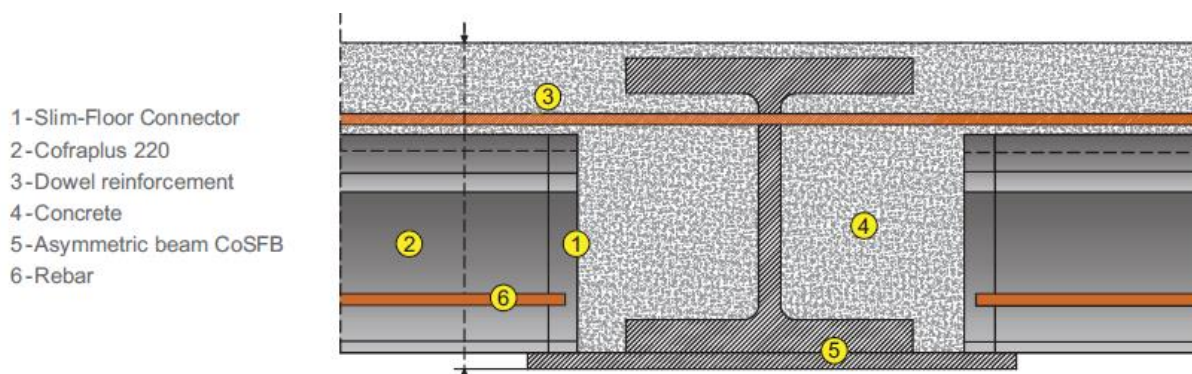
28 pav. „Cofradal“ perdangos plokštė [8]

„Cofraplus 220“

„Cofraplus 220“ sudarytas iš trapecijos formos plieno lakštų su atvirais šonais. Dėl jų geometrijos formos, jie yra lengvai sandėliuojami. „Cofraplus 220“ yra geriausias sprendimas daugeliu atveju, kai reikia perdengti 6 m tarpatramį be papildomo paramstymo. Montavimas yra greitas ir jį galima atlikti rankiniu būdu. Plokštės leidžia sutaupyti statybos laiką, svorį bei suteikiama papildomo lankstumo, reikiančio renovacijos darbuose ar įmantriuose architektūriniuose projektuose.



29 pav. „Cofraplus 220“ perdangos plokštė [8]



30 pav. „Cofraplus 220“ perdangos plokštė su „Slimfloor beam“ kompozitine sija [8]

Surenkama perdangos plokštė

Skirtingai nei betono išlieto vietoje, šis plokščių tipas yra gaminamas liejant betoną kontroliuojamoje aplinkoje (gamykloje) ir tada transportuojama į statybos aikštelę, kur ji yra sumontuojama.

Kiaurymėta perdangos plokštė

Tuščiaavidurio pagrindo plokštė yra iš anksto įtemptojo betono surenkama plokštė. Apdorotas betoninis vamzdis turi vamzdines ertmes, einančias per visą plokštės ilgį. Tai padaro plokštę daug lengvesnę už vienodo storio masyvias plokštes [8].

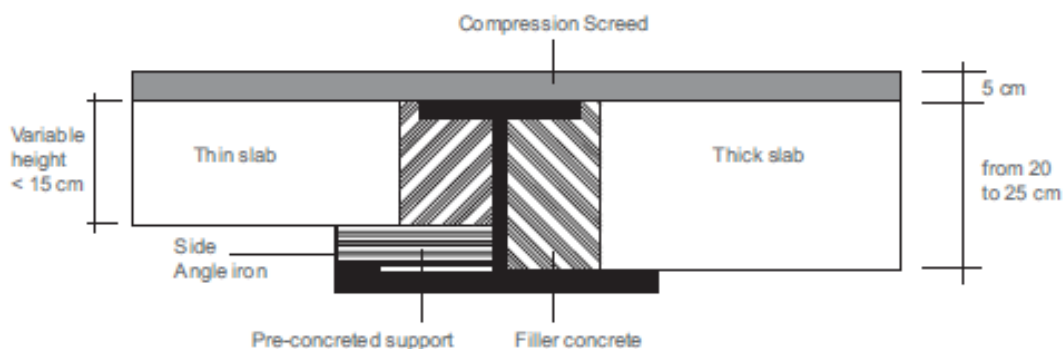
1.2.6. „Slimfloor beam“ sistemos privalumai

1. Grindų storio sumažinimas.

Grindų storio sumažinimas nuo 25 cm iki 40 cm - palyginti su tradicinėmis gelžbetoninėmis sijomis. Pastatams su 10 aukštų ar daugiau, tai reiškia vieną papildomą aukštą, dėl ko naudingas pastato plotas padidėja 10%. Šis sistema leidžia papildomai sutaupyti fasado eksploatavimo bei šildymo ir oro kondicionavimo sistemų eksploatavimo išlaidas.

2. Kintami grindų storiai.

Plokščių storio skirtumas gali būti koreguojamas, pridėdant papildomą atraminę lankstinį ant apatinės sijos lentynos.



31 pav. *Detalė su skirtingų storių perdangos plokštėmis [8]*

3. Eksploatavimo įrangos įrengimas po grindimis.

Integruotos sijos padeda lengviau įrenginėti po grindimis techninę įrangą (oro kondicionavimo sistemą, vamzdynus, elektros bei IT tinklus ir kt.), supaprastina pakabinamų lubų montavimą. Taip pat gali būti iš anksto surinktų plokščių paviršiai.



32 pav. *Komunikacijų įrengimas po „Slimfloor beam“ sijomis*

4. Architektūrinė laisvė.

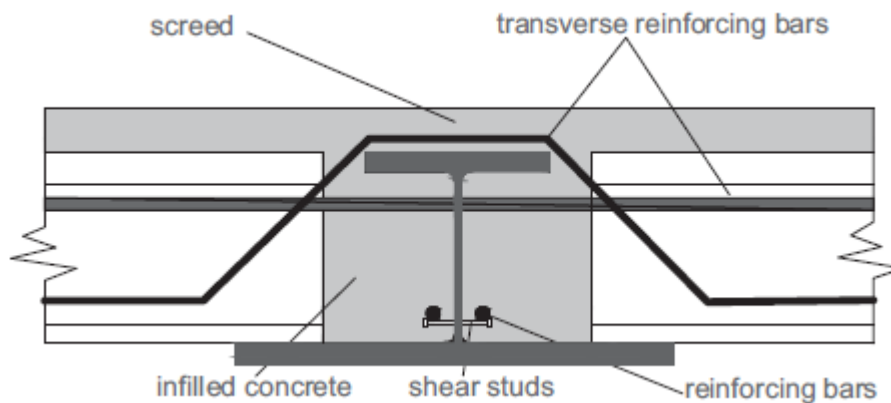
Atsižvelgiant į konstrukcines sudedamųjų dalių charakteristikas, galima sukurti atviras darbo vietas su mažesniu atramų skaičiumi. Tarpatramiai gali būti planuojami pagal estetinius ar funkcinius reikalavimus, kurie gali keisti laikui bėgant. Sijos ilgis gali siekti iki 14 metrų, naudojant kompozitines „Slimfloor beam“ sijas.

5. Integruotas atsparumas ugniai.

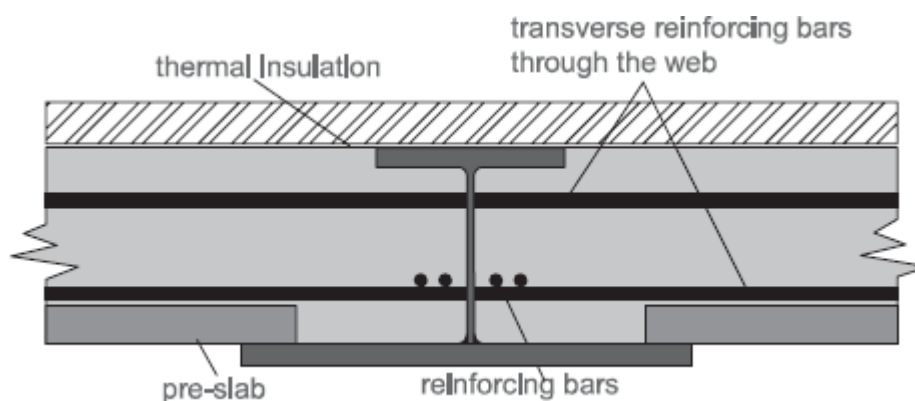
Sijos ir perdangos kompozitinė sistema užtikrina konstrukcinę apsaugą, atitinkančią reikalavimus iki R90 priešgaisrinei klasei. Dėl šios priežasties nereikia papildomos pasyvosios priešgaisrinės apsaugos. Didesnį atsparumą ugniai padidinti galima paprasčiausiai apsaugant apatinę sijos lentyną (pvz. ugniai atsparios plokštės, purškiamas betonas ar nedegus dangalas).

Visos grindų sistemos atsparumas ugniai taip pat priklauso nuo plokštės atsparumo ugniai ir jos gebėjimo prisitaikyti prie vertikalios sijos deformacijos gaisro sąlygomis.

Siekiant užtikrinti apkrovų perdavimą nuo perdangos plokščių į plieninę siją gaisro atveju, turi būti naudojamos skersinės armatūros (statmenos plieninei sijai).



33 pav. 1 „Asymetric slimfloor beam“ siją integruota priešgaisrinė apsauga (armatūra) [8]



34 pav. 1 „Asymetric slimfloor beam“ siją integruota priešgaisrinė apsauga (armatūra) [8]

6. Konkurencinga kaina.

Dėl mažo plieno suvartojimo vienam kvadratiniam metrui grindų - paprastai nuo 15 kg/m² iki 25 kg/m² – „Slimfloor beam“ konstrukcija yra labai ekonomiška ir idealus sprendimas daugiaaukščiams pastatams. Taip pat surenkamieji arba iš dalies surenkami plokščių elementai yra prieinami konkurencingomis kainomis.

7. Lengva statyba.

Greitas ir paprastas iš anksto pagamintų komponentų surinkimas beveik visiškai neturi įtakos atmosferos sąlygoms. Tai leidžia lengviau laikytis statybos terminų ir išlaikyti minimalias statybos sąnaudas.

8. Ekologiška konstrukcija.

Plieninė konstrukcija yra pakartotinai naudojama ir 100% perdirbama.

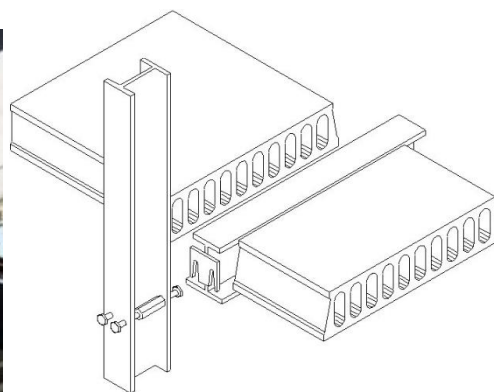
9. Lengvesnės konstrukcijos.

Plieninė konstrukcija yra sudaryta iš lengvų ir lengvai montuojamų elementų. Naudojant modernius plokščių elementus (pvz. „Cofradal 200“), visos sistemos svoris gali būti dar labiau sumažintas [8].

1.2.7. Techninės detalės ir montavimas

Sijos ir kolonos jungtis

Sijos prie metalinių kolonų dažniausiai jungiamos įprastu būdu – varžtais, susukant sijos galinę plokštelę su prie kolonos privirinta plokštele.



35 pav. Sijos ir kolonos jungtis [9]

Sijos ir perdangos plokštės jungtis

Plokštės dedamos ant apatinės sijos lentynos, sudedami sujungimo strypai bei užpilama betonu.

Surenkamos atskiros plokštės gali būti lengviau įdiegtos, tačiau paprastai užtikrina didesnę deformaciją ir reikalauja daugiau sutvirtinimo, kad padengtų didesnę teigiamą lenkimo momentą, ypač atsižvelgiant į ugnies projektavimo principus.

Monolitinis plokščių projektavimas yra sudėtingesnis, tačiau jis gali būti naudingas atsparumo ugniai požiūriu ir paprastai yra mažesni nuokrypiai. Be to, jis leidžia perduoti horizontalius įtempimus, užtikrinančius diafragmos plokštės poveikį.

Siekiant padidinti grindų tvirtumą, pateikiami plokščių elementai gali būti prijungti vienas su kitu armatūromis, kertant sijos sienelę arba perleidžiant viršutine lentyna plokščių kryptimi.

Kuriant sijų tinklą, plokščių ilgis visada turėtų būti pasirinktas kuo didesnis, kad būtų galima pasiekti maksimalų sijų aukštį ir pasiekti ekonomiškiausią sprendimą.



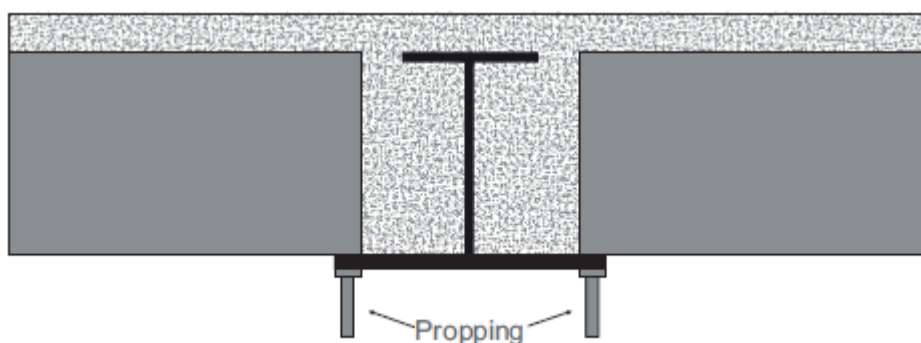
36 pav. Sijos ir kolonos jungtis [9]

Tarpatramis

Paprastai pasirinktas sijų atstumas turėtų būti kuo didesnis. Be to, rekomenduojamas įprastas spindulių atstumas, kad būtų užtikrintas simetriškas sijų skerspjūvis, taip išvengiant sukimo jėgų.

Grindų įrengimas

Grindys dažniausiai įrengiamos aukštas paskui aukštą, kad būtų lengviau montuoti plokštes bei kloti betono mišinį. Plieninės kolonos, dažnai einančios per du ar tris aukštus, montuojant gali būti stabilizuojamos su laikiniais įtvirtinimais. Daugeliu atvejų jie yra tvirtinami prie kolonų, po to pašalinami po betonavimo ir įrengiami kitame aukšte. Plieninės sijos yra montuojamos ir pritvirtinamos prie kolonų, tada plokštės montuojamos ant sijų. Siekiant išvengti sukimo, sijas (arba plokštes) reikia montavimo metu išramstyti.



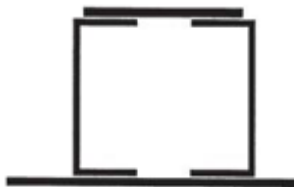
37 pav. Sijų išramstymas montavimo metu [8]

Apsauga nuo korozijos

Standartiniam patalpų klimatui ir su ja susijusia korozijos klase, pakanka, kad apatinė sijos dalis būtų nuvalyta pagal SA2.5 švarumo klasę ir nudažyta įprastiniais dažais ar gruntu. Sijos dalys, kurios yra užbetonuojamos, dažniausiai yra nedažomos [8].

1.3. „Thorbeam“ kompozitinė sija

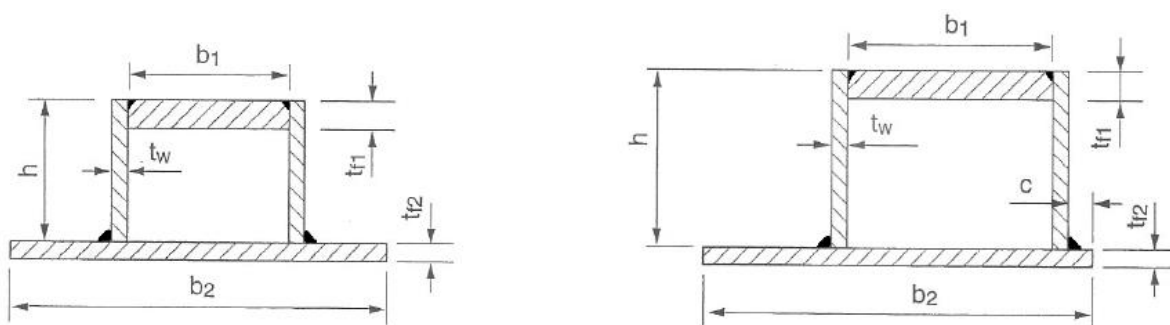
„Thorbeam“ – tai plonų perdangų koncepcija, sukurta Skandinavijoje, kurią sudaro du segmentai, tarpusavyje suvirinti lygia plokšte.



38 pav. „Thorbeam“ kompozitinės sijos skersinis pjūvis [10]

„Thorbeam“ sijos konfigūracija bei pavadinimai gali skirtis, pavyzdžiui, ši sija labai dažnai vadinama „HSQ“ sija. Taip pat galima rasti „ISQ“, „WQ“, „HSK“, „T-beam“ pavadinimus. Sija gali būti suvirinta vien iš karštai valcuotų plieno lakštų, nenaudojant jokių profilių. Šis variantas pigesnis ir labiausiai paplitęs Lietuvoje bei Skandinavijos šalyse.

„HSQ“ („Thorbeam“) – tai iš plieno lakštų suvirinta dėžės formos sija, kuri naudojama atremti gelžbetoninėms perdangos plokštėms. Perdangos plokštės remiamos ant apatinės sijos lentynos, o pati sija lieka grindų struktūroje. Tai leidžia efektyviai išnaudoti erdvę pastato viduje ir padidina sijos priešgaisrines savybes, sumažinant sijos plotą, esantį tiesioginiame sąlytyje su ugnimi gaisro metu. Sijos aukštis (h) atitinka perdangos plokštės aukštį. Sijos plotis (b_1) dažniausiai priklauso nuo kolonos pločio. Apatinės sijos lentynos plotis (b_2) priklauso nuo reikiamo perdangos plokščių atramos paviršiaus ir tarpo, tarp perdangos plokštės galo ir sijos šoninės sienutės.



39 pav. „HSQ“ sijų matmenys [11]

2 lentelė. „HSQ“ sijų žymėjimai [11]

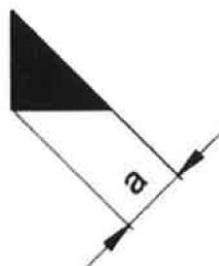
„HSQ“ sijos tipas	Profilių žymėjimas	Pavyzdys
Simetriška (vidurinė „HSQ“ sija)	HSQh – t _w – t _{f1} x b ₁ – t _{f2} x b ₂	HSQ265-5-15 x 240-12 x 510
Nesimetriška (šoninė „HSQ“ sija)	HSQh - t _w - t _{f1} x b ₁ - t _{f2} x b ₂ /c	HSQ265-5-15 x 190-12 x 395/20

Dažniausiai naudojamų „HSQ“ sijų ilgio ir skerspjūvio ribos pateikiamos 3-ioje lentelėje.

3 lentelė. „HSQ“ sijų matmenys [12]

	Min., mm	Max., mm
Šoninės sijos apatinės lentynos išsikišimas c	15	
Apatinės sijos lentynos plotis b ₂	350	680
Apatinės sijos lentynos storis t _{f2}	12	30
Sijos sienutės aukštis h	180	500
Sijos sienutės storis t _w	(5) 6	
Viršutinės lentynos plotis b ₁	120	390
Viršutinės lentynos storis t _{f1}	12	60
„HSQ“ sijos ilgis	3000	12000

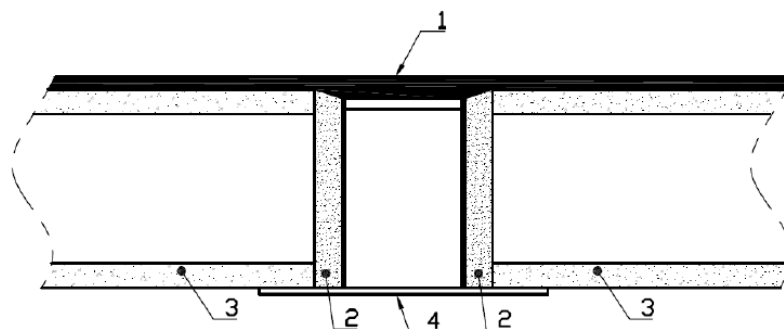
Standartinis virinimo siūlės aukštis (a) tarp lentynų ir sienutės yra 0.9*t_w.



40 pav. Siūlės aukščio matavimo schema [13]

Statybvietėje, montavimo metu, vanduo gali patekti į sijos vidų ir, esant neigiamai aplinkos temperatūrai, siją sugadinti. Norint išvengti šios aplinkybės, apatinėje sijos lentynoje reikia išgręžti 12-16 mm skersmens skylės, vandeniui išbėgti, abiejose sijos galuose.

„HSQ“ sijos daugiausia naudojamos daugiaaukščiuose pastatuose Šiaurės Europoje. Sijos gali būti dviejų pagrindinių tipų – sijos aukštis yra vienodas perdangos plokštės aukščiui arba sijos aukštis yra 15 mm žemesnis už perdangos plokštės aukštį. Perdangos aukščio sija naudojama, kai įrenginėjamos gana storos grindys su armavimo tinklu – 50 mm storio grindys. Jei ant perdangos plokštės įrenginėjamos plonos išlyginamosios grindys, naudojama sija, kuri yra žemesnė už perdangos plokštę, tam, kad gauti storesnes bei tvirtesnes grindis virš sijos.



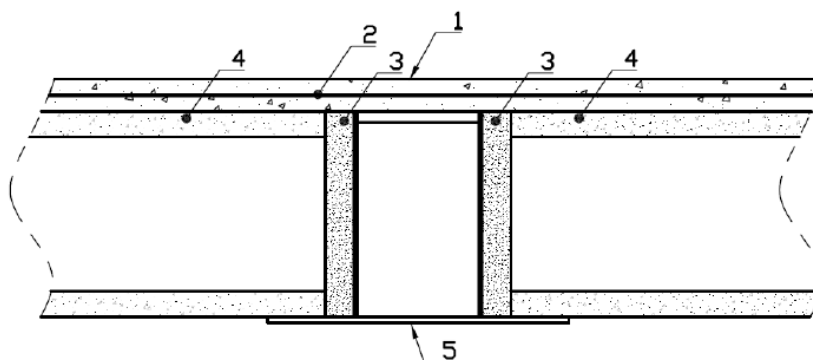
41 pav. „HSQ“ sija, kurios aukštis mažesnis nei perdagos plokštės [11]

1 – iki 30 mm išlyginamosios grindys;

2 – jungiamasis skiedinys;

3 – perdangos plokštė;

4 – „HSQ“ kompozitinė sija.



42 pav. Perdangos aukščio „HSQ“ sija [11]

1 – betoninės grindys;

2 – armavimo tinklas;

3 – jungiamasis skiedinys;

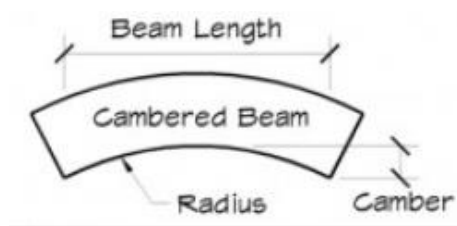
4 – perdangos plokštė;

5 – „HSQ“ kompozitinė sija.

1.3.1. Išankstinis išlinkis

„HSQ“ kompozitinės sijos išankstinis išlinkis padaromas dar prieš privirinant viršutinę plokštę. Išankstinis sijos išlinkis reikalingas tam, kad apkrovus siją savuoju perdagos plokščių svoriu, ji atsitiestų į projektinę padėtį, t.y. sija būtų tiesi. Viršutinė ir apatinė sijos lentynos išpjaunamos stačiakampio formos, o šoninės sijos plokštės išpjaunamos „lanko“ formos. Virinant apatinę sijos lentyną, ji yra lenkiama, kad tarp sijos lentynos ir šoninių lentynų neliktų tarpų. Virinant viršutinę

lentyną, daromas tas pats procesas, kaip ir virinant apatinę lentyną. Išankstinis išlinkis gali svyruoti nuo 10 mm iki 45 mm priklausomai nuo sijos ilgio.



43 pav. Išankstinio išlinkio schema [14]

1.3.2. Standartiniai lakštų storai ir rekomenduojami sijų matmenys

„HSQ“ sijos dažniausiai projektuojamos iš standartinių plieno lakštų, taip gaunant ekonomiškiausią variantą.

- Plieno lakštai, naudojami papildomiems sijos elementams: 5, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 35, 40, 45, 50 mm storio.
- Plieno lakštai naudojami sijai: (5), 6, 8, 10, 12, 15, 18, 20, 22, 25, 30, 35, 40, 45, 50 mm storio.

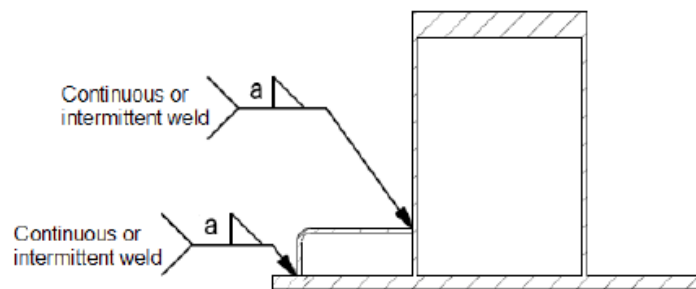
4 lentelė. „HSQ“ sijų rekomenduojami matmenys [11]

Perdangos plokštės dydis	Sijos aukštis, mm	Rekomenduojamas viršutinės lentynos plotis, mm	Rekomenduojamas apatinės lentynos plotis (vidurinė „HSQ“ sija), mm	Rekomenduojamas apatinės lentynos plotis (kraštinė „HSQ“ sija), mm
P20	200 (185)	190	440	335
		240	490	385
		290	540	435
		340	590	485
P27	265 (250)	190	440	335
		240	490	385
		290	540	435
		340	590	485
P32	320 (305)	190	460	345
		240	510	395
		290	560	445
		340	610	495
P38	365	190	500	365
		240	550	415
		290	600	465
		340	650	515
P40	400 (385)	190	500	365

		240	550	415
		290	600	465
		340	650	515
P50	500 (485)	190	520	395
		240	570	445
		290	620	495
		340	670	545

1.3.3. Skirtingų aukščių perdangos plokštės

„HSQ“ sija turi galimybę atremti skirtingų aukščių perdangos plokštes, skirtingose sijos pusėse, ir išlaikyti lygų grindų paviršių. Šiam sprendimui naudojamas specialus elementas, kuris privirinamas ant apatinės lentynos viršaus. Specialus laikiklis dažniausiai daromas iš plieninio lakšto sulenkto 90 laipsnių kampu. Laikiklis turi būti tokio pločio, kad pakaktų atremti reikiamu plotu perdangos plokštę.



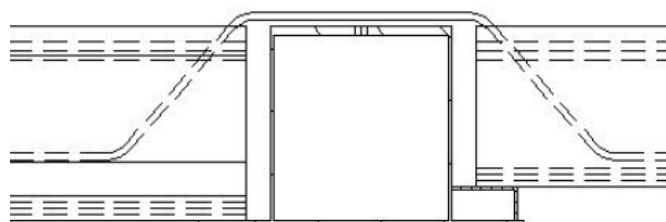
44 pav. „HSQ“ sija, naudojama skirtingų aukščių perdangos plokštėms atremti [12]

1.3.4. Armavimas

Bendruoju atveju, armavimas reikalingas tam, kad perdangos plokštė būtų sujungta su kompozitine sija.

Tipas 1

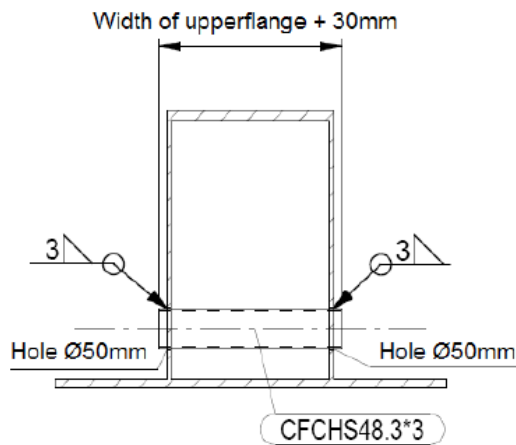
Tai pats paprasčiausias būdas, kai armatūra dedama per „HSQ“ sijos viršų, nes nereikia jokių papildomų elementų ar skylių, sijos sienutėse.



45 pav. Pirmo tipo armavimas [15]

Tipas 2

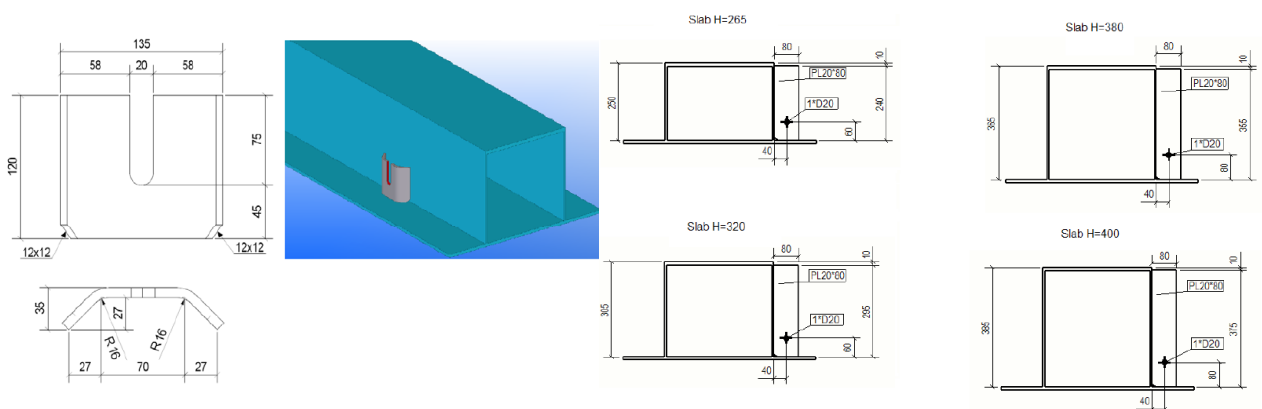
Kitas galimas armavimo tipas, kai armatūra kerta „HSQ“ sijos skerspjūvį, t.y. armatūra perkišama per sijos sienutes. Šiam armavimo būdai būtinos skylės sijos sienutėse, o jei reikalingas sijos sandarumas, į siją įvirinamas vamzdis, kurio abu galai yra skirtingose sijos sienutėse (žr. 46 pav.). Naudojant šį armavimo tipą, projektuotojai turi numatyti, vienodą armavimą abiejose sijos skerspjūvio pusėse.



46 pav. Antro tipo armavimui reikalinga sija [15]

Sukimo jėgos

Sukimo jėgoms perimti naudojami specialūs elementai – užraktai. Šie specialūs elementai sujungia perdangos plokštę su kompozitine sija. Užraktų uždėstymą bei kiekį nustato perdangos plokščių projektuotojai. Sukimo jėgų užraktai dažniausiai privirinami prie „HSQ“ sijos apatinės lentynos ir sienutės.



47 pav. Sukimo jėgoms perimti ant „HSQ“ sijų naudojami užraktai [15]

1.3.5. Atsparumas ugniai

Statybų techniniai reglamentai ir Taisyklės numato statinio elementams atsparumo ugniai reikalavimus. Kur ir kokia reikalaujama atsparumo ugniai klasė, priklauso nuo elemento tipo, statinio paskirties, statinio atsparumo ugniai laipsnio bei gaisro apkrovos kategorijos.

Veikiamos gaisro konstrukcinės medžiagos praranda dalį savo stiprio. Racionaliai apkrautų metalo konstrukcijų laikomoji galia pasiekia savo ribą jau esant 550°C temperatūrai, nepriklausomai nuo plieno rūšies. Kadangi „Thorbeam“ („HSQ“) sija neturi gaisro armatūrų, kaip nagrinėtos sijos anksčiau, tad konstrukcijų atsparumą galima padidinti naudojant apsaugos nuo ugnies plokštes.

Kuo didesnis plieno kiekis pažeidžiamoje vietoje, tuo geresnį atsparumą ji turi. Metalo skerspjūvio temperatūros padidėjimo sparta nustatoma pagal elemento kaitinamo paviršiaus ploto (A) ir jo tūrio (V) santykį. Šis santykis yra vadinamas A/V skerspjūvio koeficientu. Aukštas skerspjūvio koeficientas leidžia plieno temperatūrai greitai pakilti. Iš esmės, tai reiškia, kad plono plieno konstrukcijos reikalauja storesnio apsauginio sluoksnio.

„Thorbeam“ tipo sijos yra naudojamos kartu su betono elementais. Sprendžiant, kokio apsauginio sluoksnio reikia, būtina atsižvelgti į briaunos matmenis. Konstrukcija yra išbandyta su izoliacijos plokštėmis, kurios yra 50 mm ilgesnės ir platesnės ne briauna, kad būtų paprasčiau montuoti [16].



48 pav. „Thorbeam“ sijos ugniaatsparumo didinimas naudojant apsaugos nuo ugnies plokštes [16]

	t_s (mm)	A_i / V_s (mm ⁻¹)	R 60		R 90		R 120	
			450°C	500°C	450°C	500°C	450°C	500°C
HSQ 1	15	67	20	20	20	20	40	25
HSQ 2	10	100	20	20	40	25	60	40

49 pav. Izoliacijos storis kvadratinėms „Thorbeam“ tipo sijoms, ugnies veikiamoms iš 1 pusės [16]

2. TYRIMŲ METODIKA

2.1. Tiriamasis objektas

Tyrimui pasirinkamas konkretus projektas – Švedijoje, Växjö mieste, statomas „Fortnox“ administracinis pastatas. Tai dviejų korpusų kompleksas, kurį sudaro du tarpusavyje sujungti pastatai. Tyrimui pasirinktas dešinysis pastatas (žr. 50 pav.). Tai 8 aukštų bei beveik 5000 kvadr. metrų plotą turintis pastatas. Pastato bendras aukštis – 31,5 m (pirmo aukšto aukštis – 4,55 m, o visų likusiųjų – 3,85 m), plotis – 24 m, ilgis – 25 m.

Pastato karkasas – kompozitinės kolonos, kompozitinės perdangos sijos ir surenkamos perdangos plokštės (200 mm aukščio).



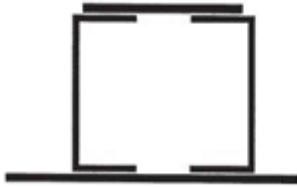
50 pav. „Fortnox“ administracinis pastatas [17]

2.2. Alternatyvių variantų parinkimas

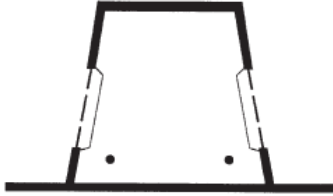
Remiantis aukščiau atlikta literatūros šaltinių analize kompozitinių sijų daugiaaukščiuose pastatuose efektyvumo panaudojimo tyrimui buvo pasirinktos šios kompozitinės sijos: „Thorbeam“, „Deltabeam“, „Slimfloor beam“ ir „Asymetric slimfloor beam“.

Trumpai snatrauka apie kiekvieną kompozitinę siją:

- „Thorbeam“ – tai plonų perdangų koncepcija, sukurta Skandinavijoje, kurią sudaro du segmentai, tarpusavyje suvirinti lygia plokšte [10].



- „Deltabeam“ – tai kompozitinių sijų sistema sukurta Suomijoje, tinkama naudoti bet kokio tipo daugiaaukščiuose pastatuose, kurią sudaro tarpusavyje, tam tikra forma, suvirinti plieniniai lakštai [10].



- „Slimflor beam“ – britų statybos iš plieno instituto atrastas sprendimas, kurią sudaro dvitėjo profilis privirintas prie lygios plokštės [10].



- „Asymmetric slimfloor beam“ – tai pat britų atradimas, kurią sudaro asimetrinis karšto valcavimo profilis [10].



Parinkti kompozitinių sijų variantai taip pat bus lyginamos su tradicine gelžbetonine sija, kuri plačiai naudojama Lietuvoje daugiaaukščiuose pastatuose.

2.3. Apklausos anketa

Siekiant išsiaiškinti kompozitinių sijų panaudojimo daugiaaukščiuose pastatuose efektyvumą, buvo sudaryta apklausos anketa. Ši anketa buvo pateikta šios srities specialistams, kurie turėjo atsakyti į jiems užduotus klausimus.

Šios anketos tikslas – nustatyti kompozitinių sijų pasirinkimą apibūdinančių rodiklių reikšmingumą. Surinkti duomenys padės išsiaiškinti, kuri kompozitinė sija yra universaliausia ir priimtinausia, ją panaudojant daugiaaukščių pastatų statyboje.

Pirmiausia apklausos dalyvių buvo prašoma nustatyti vertinimo kriterijų reikšmingumą. Anketoje buvo surašyti visi kriterijai bei palikta laisvos vietos, jei apklausos dalyvis norėtų pateikti savo reikšmingą vertinimo kriterijų. Kiekvieną kriterijų reikėjo įvertinti balu nuo 1 iki 10, siekiant jį minimizuoti arba maksimizuoti. Žemiau pateikta kriterijų vertinimo lentelė, kuri buvo pateikta apklausoje respondentams.

5 lentelė. Kriterijų vertinimo lentelė [18]





Nr.	Rodiklių pavadinimas	Rodiklių reikia:		Įvertinimas (nuo 1 iki 10)
		Minimizuoti	Maksimizuoti	
1.	Sijos kaina, Eur	x		
2.	Pirminis pasiruošimas statybvietėje, balais	x		
3.	Įrengimo trukmė, val	x		
4.	Įrengimo sudėtingumas, balais	x		
5.	Žmogaus darbas, val	x		
6.	Atsparumas ugniai, min		x	
7.	Laikomoji galia, balais		x	
8.	Sijos universalumas, balais		x	
9.	Sijų pasiūla, balais		x	

Įvertinimo skalė nuo 1 iki 10:





- 1, 2 – nereikšmingas rodiklis;
- 3, 4 – mažai reikšmingas rodiklis;
- 5, 6 – vidutiniškai reikšmingas rodiklis;
- 7, 8 – reikšmingas rodiklis;
- 9, 10 – labai reikšmingas rodiklis.

Antrojoje dalyje, tiems patiems apklausos dalyviams buvo pateikti klausimai, kuriuose lyginamos kompozitinės sijos tarpusavyje. Žemiau pateikti klausimai, kurių reikšmingumas, pirmojoje dalyje, buvo nustatytas didžiausias.





- *Kurios sijos kaina mažiausia? Įvertinkite nuo 5 iki 1 balo. Mažesnę kainą turinčiai sijai suteikite aukštesnį balą.*

Sijos tipas	Įvertinimo balas
1. „Thorbeam“ 	
2. „Deltabeam“ 	
3. „Slimfloor beam“ 	
4. „Asymetric slimfloor beam“ 	

- **Kurios sijos laikomoji galia didžiausia? Įvertinkite nuo 5 iki 1 balo. Didžiausios laikomosios galios sijai, suteikite aukščiausią balą.**

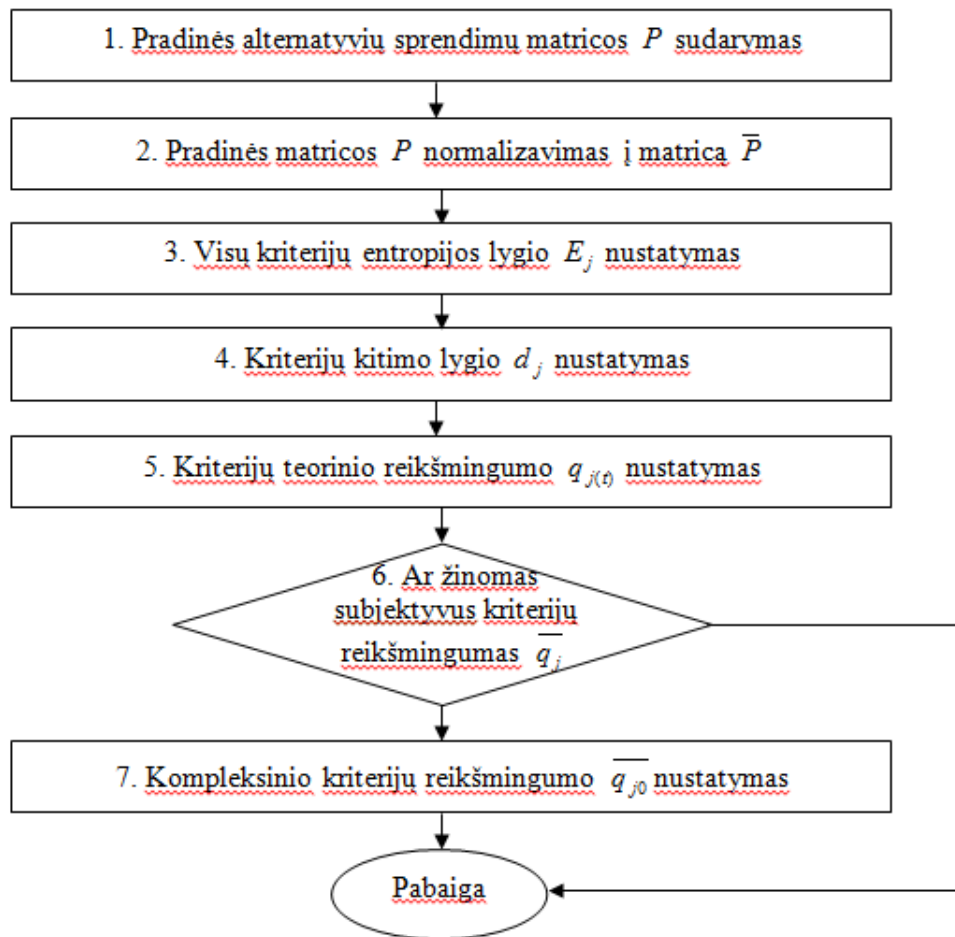
Sijos tipas	Įvertinimo balas
1. „Thorbeam“ 	
2. „Deltabeam“ 	
3. „Slimfloor beam“ 	
4. „Asymetric slimfloor beam“ 	

- **Kuri sija įrengiama greičiausiai? Įvertinkite nuo 5 iki 1 balo. Greičiausiai įrengiamai sijai suteikite aukščiausią balą.**

Sijos tipas	Įvertinimo balas
1. „Thorbeam“ 	
2. „Deltabeam“ 	
3. „Slimfloor beam“ 	
4. „Asymetric slimfloor beam“ 	

2.4. Kriterijų reikšmingumo (teorinio ir kompleksinio) nustatymas taikant entropijos metodą

Entropijos metodo algoritmas pateiktas 51 paveiksle.



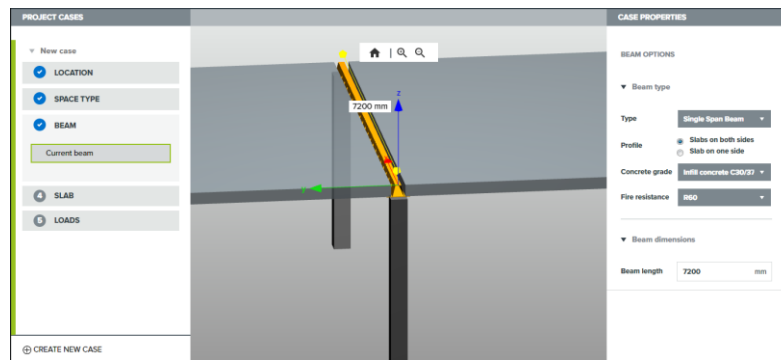
51 pav. Entropijos metodo algoritmas [20]

Entropija – atsitiktinio dydžio neapibrėžtumo matas. Entropija taikoma nustatant vertinimo kriterijų teorinį ir kompleksinį reikšmingumus [19].

2.5. Projektavimo įrankiai

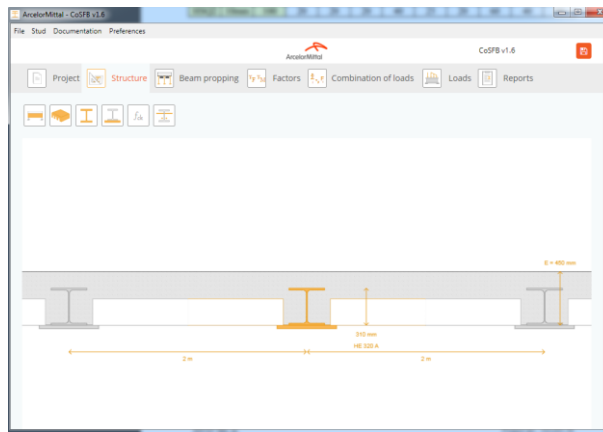
Vienas iš sijų populiarumą lemiančių rodiklių, tai projektavimo įrankis. Projektuotojams labai svarbu turėti įrankį, padedantį skaičiuoti skirtingus sijų variantus. Kad sija būtų paklausi rinkoje, ji turi būti nesunkiai ir suprantamai projektuojama, kitu atveju, daugelis konstruktorių atsisakys skirtingų variantų skaičiavimo, tai iš anksto atmetant kažkurį (galbūt ekonomiškesnį) sijų variantą.

„Deltabeam“ – projektavimo įrankis, „Peikko Designer“, kiekvienam laisvai prieinamas internetiniu būdu. Galima susiprojektuoti preliminarią siją pagal norimą projektą. „Peikko“ inžinieriai sijos skaičiavimą ir projektavimą pabaigia iki galo – detalizuoja profilius (optimizuoja), parenka bei suprojektuoja mazgus [22].



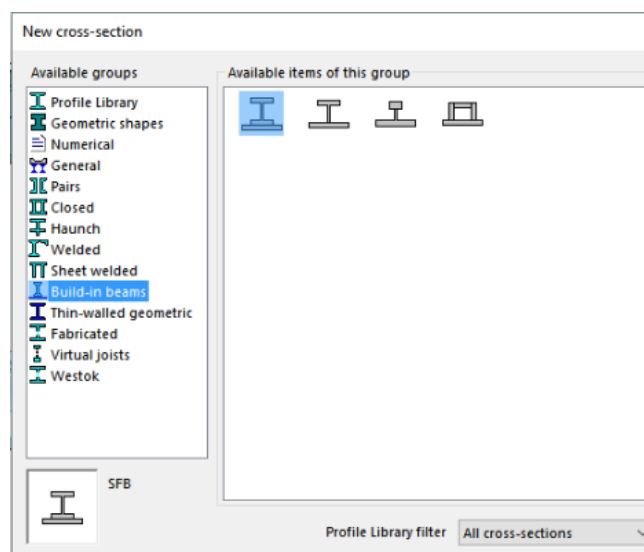
52 pav. „Peikko Designer“ projektavimo įrankio langas [22]

„Slimfoor beam“ ir „Asymmetric slimfoor beam“ – grupės „ArcelorMittal“ sukurtas projektavimo įrankis „CoSFB v1.6“, prieinamas internetinėje erdvėje. Suvedus suprojektuotos sijos parametrus, programa pateikia visų parametų ataskaitą [23].



53 pav. „CoSFB v1.6“ projektavimo įrankio langas [23]

Taip pat, visas nagrinėjamas sijas, išskyrus „Deltabeam“, galima skaičiuoti su populiaria ir visiems žinoma „SCIA Engineer“ kompiuterine programa [24].

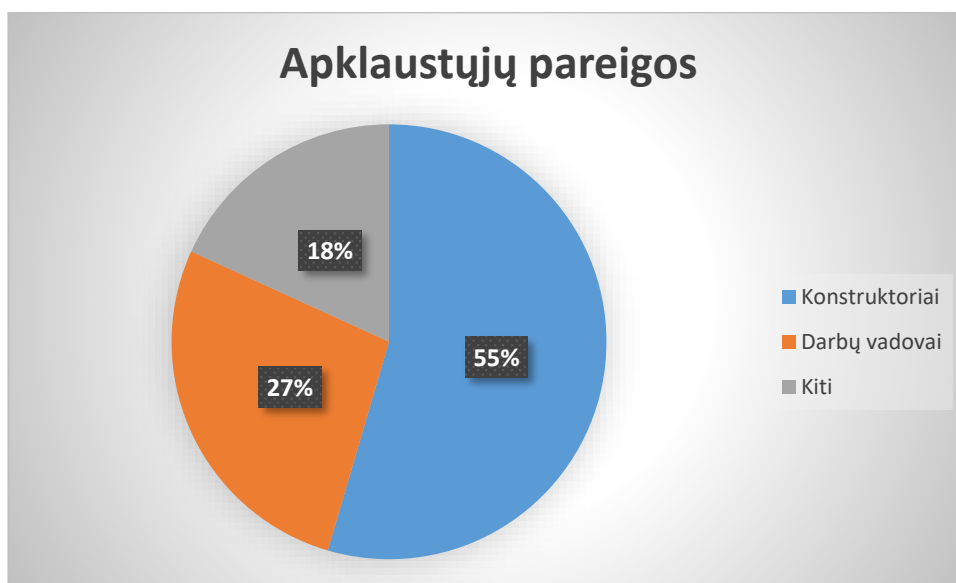


54 pav. „SCIA Engineer“ kompiuterinės programos skerspjūvių pasirinkimo langas [24]

3. TYRIMŲ REZULTATAI

3.1. Apklauso anketos duomenų analizė

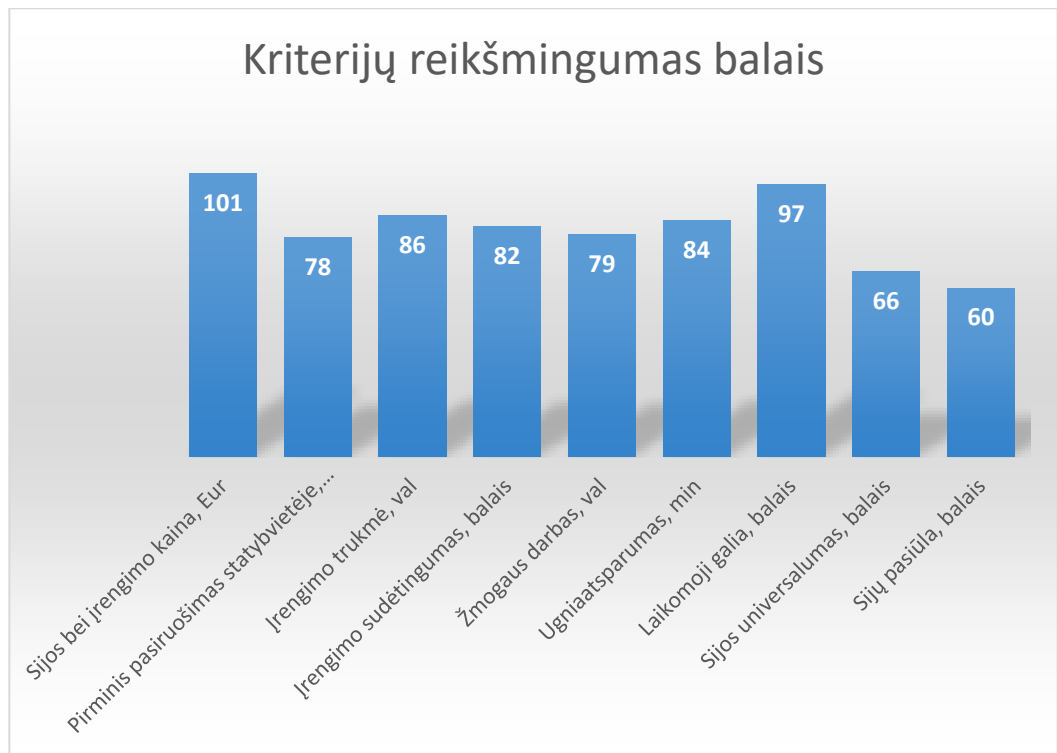
Kadangi klausimai buvo gan abstraktūs, tai anketą buvo galima pateikti skirtingą darbą dirbantiems žmonėms. Susipažinę su anketa, į ją objektyviai sugebėjo atsakyti 11 respondentų.



55 pav. Apklaustųjų pareigos [25]

Apklausoje dalyvavo 6 inžinieriai – konstruktoriai ir tai sudarė 55% visų apklaustųjų. Antroje vietoje statybos aikštelėje dirbantys 3 darbų vadovai – tai 27% visų apklaustųjų respondentų. Trečiojo vietoje priskiriami kiti darbuotojai – tai įmonės vadovas bei projektų vadovas – tai sudaro 18% apklaustųjų dalyvių. Visi apklaustieji žinojo bent dvi kompozitines sijas iš apklausoje pateiktųjų.

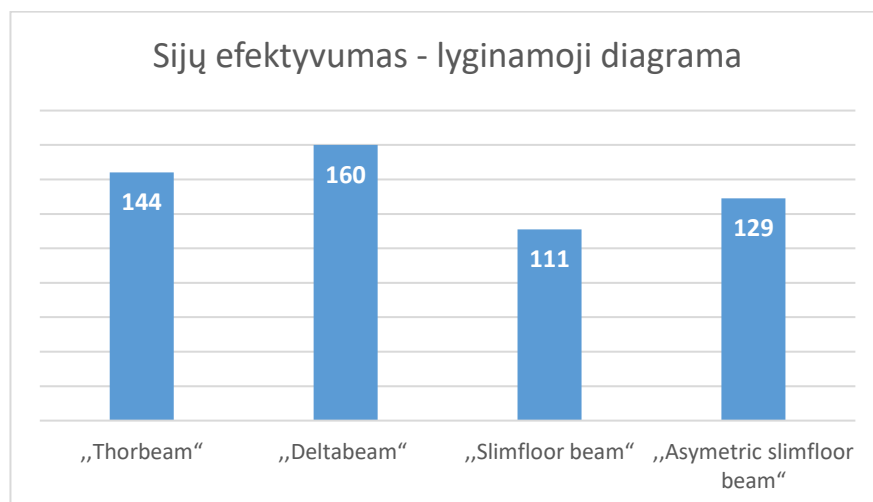
Inžinieriams – konstruktoriams svarbiausias vertinimo kriterijus laikomoji galia bei atsparumas ugniai. Darbų vadovai svarbiausių kriterijų išskyrė – įrengimo trukmė bei įrengimo sudėtingumas. Įmonės vadovas su projektų vadovu reikšmingiausiu rodikliu laiko sijos bei įrengimo kainą. Kriterijų svarba nustatyta reitingavimo metodo pagalba - visi apklaustųjų balai buvo susumuoti. Daugiausia balų surinkę kriterijai apklaustųjų nuomone yra patys svarbiausi.



56 pav. Kriterijų reikšmingumas balais [25]

Atlikus kriterijų reikšmingumo vertinimą, gauta, kad pats reikšmingiausias kriterijus, tai kompozitinės sijos kaina, antroje vietoje – laikomoji galia, trečioje – įrengimo trukmė.

Iš antrosios anketos nustatyta, kad mažiausia sijų kaina yra „Deltabeam“, po to aukštesnė „Asymetric slimfloor beam“, „Thorbeam“, ir pati aukščiausia – „Slimfloor beam“. Greičiausias sijų įrengimas – pirmoje vietoje „Deltabeam“, antroje – „Thorbeam“, trečioje „Asymetric slimfloor beam“, ir lėčiausiai įrengiamos „Slimfloor beam“. Apklaustųjų manymu, didžiausią laikomąją galią turi „Deltabeam“, o mažiausią „Asymetric slimfloor beam“. Respondentų duomenys pateikti grafike žemiau. Sija, turinti daugiausia balų – efektyviausia.



57 pav. Sijų efektyvumo lyginamoji diagrama [25]

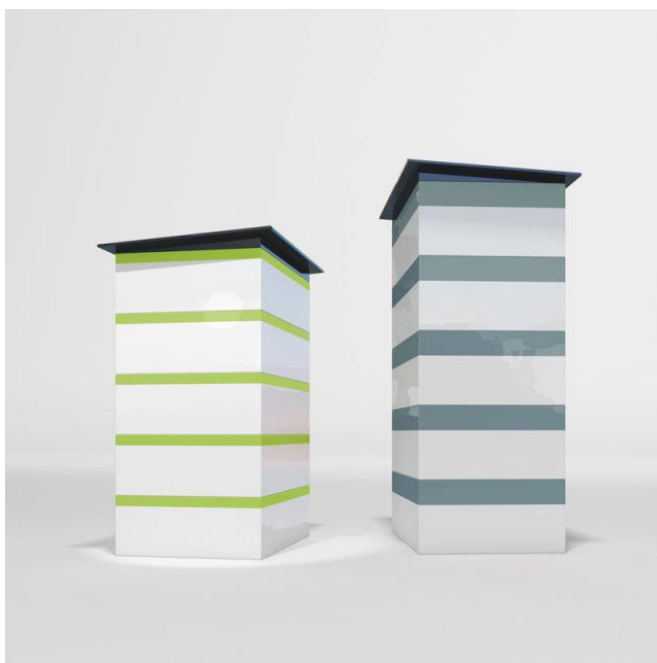
3.2. Kodėl kompozitinės sijos, o ne gelžbetoninės rėmsijės (rygeliai)?

Daugiau kvadratinių metrų kubiniam metrui

Pasirinkus plonų perdangų konstrukciją projektui, galima džiaugtis lengvai keičiamu erdvių išplanavimu ir didesniu plotu nekeičiant statinio aukštingumo, nes dėl plonų perdangų sprendimo galima įterpti dar vieną papildomą aukštą projektuojamam pastatui.

Kadangi tūrio, tenkančio ploto vienetui, bus mažiau, todėl šildymo ir oro kondicionavimo taip pat reiks mažiau, o tai paveiks statinio tvarumą – nebent bus nuspręsta sutaupyta aukštį palikti naudotojų didesniai komfortui.

Taip pat, sumažėjus statinio aukščiui, reikalingi mažesni pamatai.



58 pav. Plonų perdangų sistemos ir standartinis gelžbetonio sprendimai [26]

Investavimas į atviras erdves

Kompozitinė elgsena nulemta plieno ir betono tarpusavio sąveikos leidžia plonų perdangų sijoms lengvai perdengti didesnes nei 10 metrų angas. Kadangi kompozitinės sijos dažniausiai naudojamos atremti gelžbetoninėms kiaurymėtosioms perdangos plokštėms, angos statmenos sijoms, gali siekti daugiau nei 14 metrų. Plonų perdangų konstrukcija leidžia įrengti atviras erdves su kolonų tinkleliu, siekiančiu net 12 x 16 metrų.

Didelės angos abiem kryptimis lemia mažesnę kolonų poreikį. Mažesnis kolonų kiekis aukšte lemia didesnes perplanavimo galimybes per visą statinio gyvavimo laikotarpį.

Rėmo sumontavimo trukmė ir sudėtingumas

Kadangi kompozitinės sijos į objektą atkeliauja jau paruoštos surinkimui, sumažėja bendras statybos laikas, taip pat ir galimų oro sąlygų įtaka. Kompozitinių sijų pranašumas įrengiant dideles angas taip pat sumažina tarpusavyje jungiamų elementų kiekį.

Kadangi kiekviena sija unikali ir specialiai 3D sumodeliuota, ji idealiai tinka į bendrą konstrukciją ir įrengtas standartines jungtis. Bendrai su BIM (Statinių informaciniu modeliavimu), visas šis procesas leidžia numatyti galimas klaidas ir susikirtimus ankstyvame projektavimo etape, taip išvengiant brangiai kainuojančių pataisymų statybvietėje. Kompozitinėms sijoms reikalingas tik minimalus išramstymas. Su šia sistema maža montuotojų komanda gali pastatyti daugiaaukštį pastatą greičiau nei su bet kuria kita esama sistema rinkoje.

Integruotas atsparumas ugniai

Integruotas atsparumas ugniai papildomai lemia laiko ir kaštų sutaupymus. Armavimas, esantis sijos viduje, garantuoja ilgą ugniaatsparumą. Patikrinta įvairiais išsamiais ugniaatsparumo bandymais, pavyzdžiui, „Deltabeam“ plonų perdangų konstrukcija gali atlaikyti net iki 3 val. gaisro poveikį be jokios papildomos apsaugos.

Architektūrinė laisvė

Vizualiai nematomos sijos ir kolonų tinklelis, siekiantis 12 x 16 metrų, suteikia plačiausias galimybes interjero planavimui ir visiškai neriboja erdvės funkcionalumo.

Kartais projektai pasižymi kitokiomis formomis nei įprasti kampai ar tiesios linijos. Su individualiai formuojama ir gaminama klojinių sistema, galima gauti didesnę architektūrinę pasirinkimo laisvę, pavyzdžiui, taip išsaugojant „Deltabeam“ plonų perdangų konstrukcijos efektyvumą.



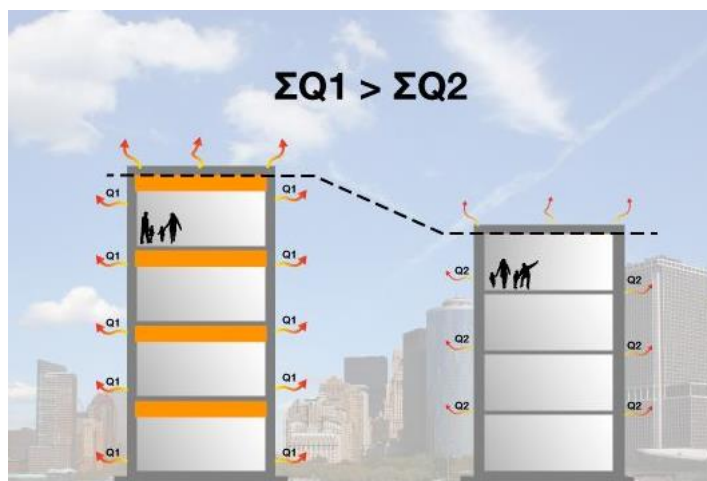
59 pav. „Deltabeam“ sijos su išankstiniais klojiniais [26]

Tvarumas

Pastato efektyvumo didinimas bendrai gali turėti labai didelę įtaką, nes pastatams pasauliniu mastu tenka net apie 40% visos energijos sąnaudų.

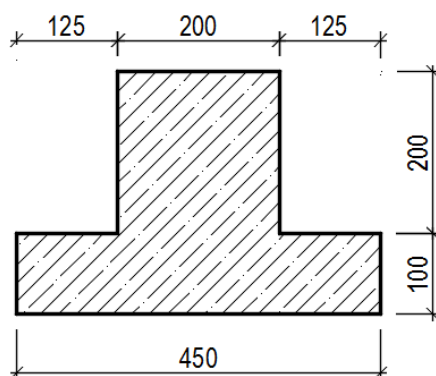
Viena iš svarbiausių plonų perdangų sistemos savybių, kuri reikšmingiausiai veikia pastato tvarumą, yra galimybė sumažinti pastato perdangos bendrą aukštį. Pastatams su plonomis perdangomis, dėl palyginti mažesnio tūrio, reikalingas mažesnis kiekis apdailos medžiagų, bei šildymas ir kondicionavimas kainuoja mažiau. Visa ši sutaupyta erdvė tarp aukštų sumažina bendrą vertikalių elementų ir konstrukcijų poreikį, tokių kaip: kolonos, sienos, apdaila, liftai, laiptai, įvairūs kanalai ir vamzdynai. Taip pat inžineriniai tinklai įrengiami tiesiai, be papildomų apėjimų.

Plonų perdangų konstrukcijos naudojimas lemia ženklų susidarančių atliekų sumažėjimą, nes statybose naudojami jau pagaminti elementai. Sijoms ir kolonoms gaminti panaudojamas tiksliai reikalingas medžiagų kiekis, atsižvelgiant į perdangos apkrovas, tuo tarpu surenkamų gelžbetoninių kiaurymėtu perdangos plokščių naudojimas sumažina klojinių poreikį. Taip pat, kiaurymės perdangų plokštėse sumažina naudojamo betono kiekį, o tai mažina perdangos svorį, galiausiai lengvina visą konstrukciją ir mažina reikalingų pamatų gabaritus [26].



60 pav. Energijos suvartojimas standartinio pastato ir plonų perdangų pastato [26]

Grįžtant prie mūsų konkretaus projekto – „Fortnox“ administracinio pastato. Pastato aukštis, panaudojus plonų perdangų sistemą, yra 31,5 m. Naudojant standartinius gelžbetonines rėmsijas (rygelius), norint išlaikyti tokį pat patalpų aukštingumą, pastato aukštis padidėja 0,8 m, o tai 2,5 % viso pastato aukščio!



61 pav. Palyginimui naudojamas gelžbetoninė rėmsija (rygelis) [13]

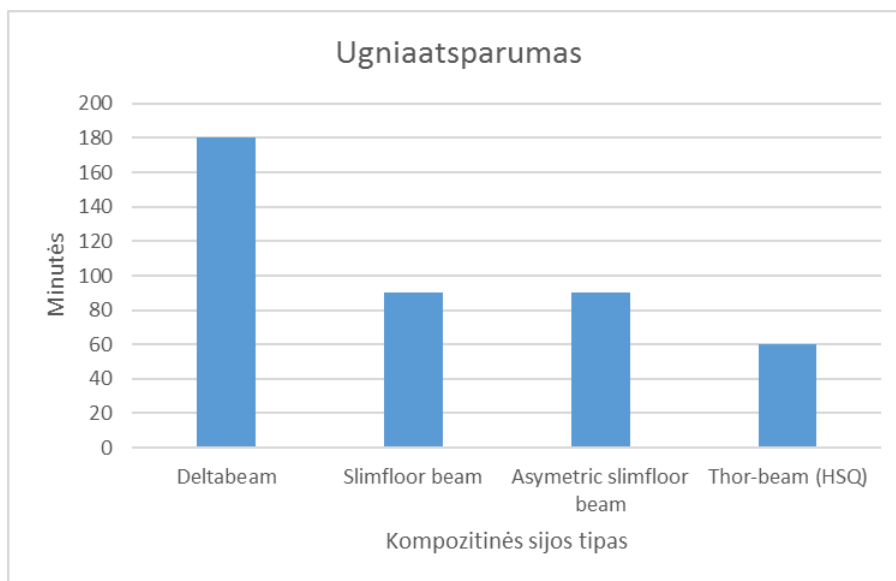


62 pav. „Fortnox“ administracinio pastato patalpų aukščiai [17]

Taigi plonų perdangų sistema sutaupo 2,5 % pastato aukščio, kas yra beveik 500 kubinių metrų.

3.3. Atsparumas ugniai

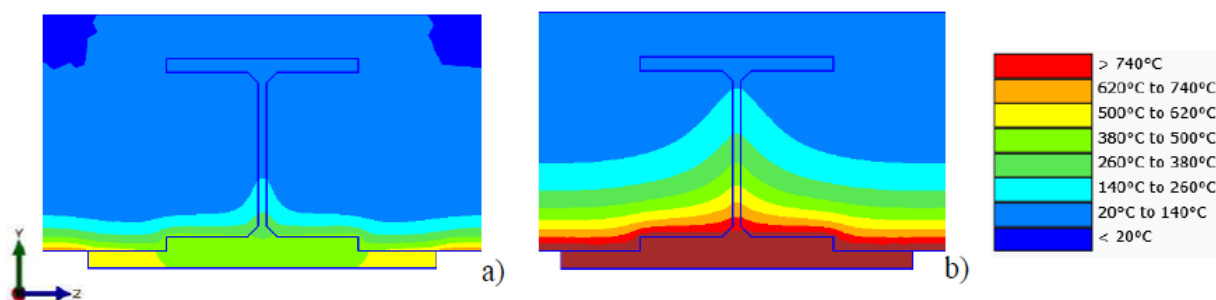
Kompozitinės sijos be papildomo ugniaatsparinimo pasiekia gan aukštą atsparumo ugniai klasę.



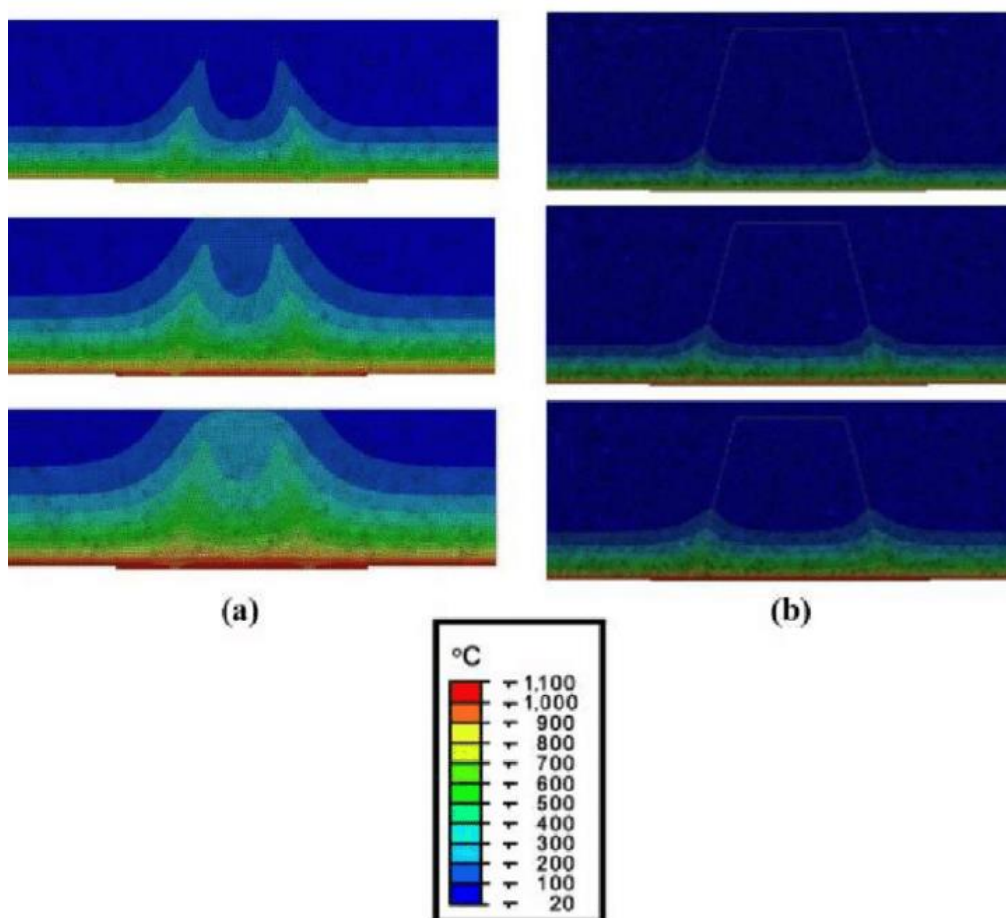
63 pav. Kompozitinių sijų atsparumo ugniai palyginimas [25]

Temperatūros pasiskirstymas „Slimfloor beam“ sijoje su monolitine perdanga

Temperatūros, gautos skaitmenizuojant „Slimfloor beam“ modelio skerspjūvį, pateikiamos 62 pav. Apatinė sijos plokštės bei plieninės plokštės kraštai yra veikiami karštų dujų, esančių standartinėje temperatūros kreivėje ("ISO-Fire") [CEN European Committee for Standardization: EN 1991-1-2, Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire. Brussels, 2002] ir rezultatai paaimami po 30 minučių (R30) ir 120 min (R120). Abiem atvejais temperatūra mažėja per skerspjūvio aukštį (y kryptimi).



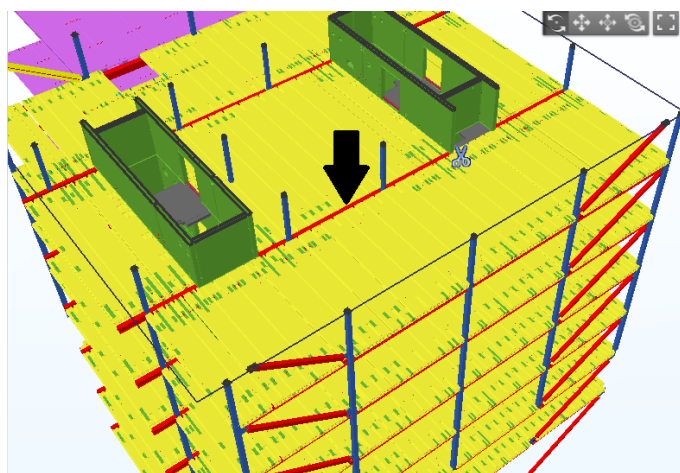
64 pav. Temperatūros pasiskirstymas „Slimfloor beam“ sijos skerspjūvyje gaisro metu a) po 30min b) po 120min [27]



65 pav. Temperatūrų pasiskirstymas gaisro metu (a) D20-200 ir (b) D50-600 „Deltabeam“ sijoje. Viršutinis pav. po 60min, vidurinis – 120min, apatinis - 180min [27]

3.4. Sijų kaina

Pirmiausia, norint suskaičiuoti kiekvienos sijos kainą, reikia žinoti kiekvienos sijos linijinį svorį arba bendrą svorį. Sijos svoris tiesiogiai yra priklausomas nuo jos laikomosios galios. Tad pasirinkta viena mūsų nagrinėjamo administracinio pastato sija ir suprojektuoti visų skirtingų sijų variantai. Pasirinkta sija, tai septintajame pastato aukšte esanti vidurinė sija, kurios ilgis 5,4 m. Iš vienos sijos lentynos atremtos perdangos plokštės, kurių ilgis 9,8 m, o iš kitos pusės – 6,8 m ilgio. Perdangų plokščių aukštis – 200 mm.



66 pav. Skaičiuojama sija „Fortnox“ administraciniame pastate [17]

„Thorbeam“ sija – dar kitaip vadinama HSQ sija. Ši sija yra pagal statomo pastato projektą. Šios sijos svoris – 283 kg. Apatinė lentyna iš 15 mm storio lakšto, šoninės sienutės 8 iš mm storio lakšto, o viršutinė – 25 mm storio. Lakštai tarpusavyje suvirinti a4 siūle, bendras siūlės ilgis – $5,4 \text{ m} \times 4 = 21,6 \text{ m}$. Sijos surinkimas ir suvirinimas užtrunka $21,6 \text{ m} \times 14,16 \text{ min/m}$ (žr. 53 pav.) = 305,86 min = 5,1 val.

	per 1 praėjimą				per 2 praėjimus						per 3 praėjimus					
Siūlės stalinis	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	
Z	4,36	4,72	5,27	8,23	8,28	13,273	14,05	14,11	14,17	15,46	28,16	28,16	28,16	34,7	34,7	
Surinkimas/suvirinimas, min/m	13,08	14,16	15,81	24,69	24,84	39,819	42,15	42,33	42,51	46,38	84,48	84,48	84,48	104,1	104,1	
Surinkimas, %	50	50	50	50	40	25	25	25	25	20	12	12	12	10	10	
Suvirinimas, %	50	50	50	50	60	75	75	75	75	80	88	88	88	90	90	
Ilgis, m																
Surinkimas, h	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Suvirinimas, h	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

67 pav. Surinkimo bei virinimo trukmė pagal virinimų siūlių aukštį [18]

„HSQ“ sijos kaina susideda iš medžiagų savikainos bei darbo užmokesčio:

- medžiagų kaina – 283 kg x 0,62 Eur/kg = 175,46 Eur (0,62 Eur/kg – šiandieninė rinkos kaina už lakštinį plieną);
- darbo užmokestis – 5,1 val. x 25 Eur/val = 127,5 Eur (25 Eur/val – priimtas valandinis darbo užmokestis su tiesioginėmis bei netiesioginėmis išlaidomis)

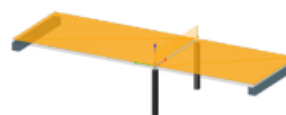
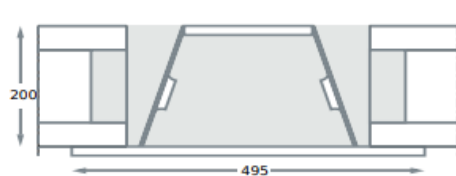
HSQ sijos savikaina – 175,46 + 127,5 = 302,96 Eur.

„Deltabeam“ sijos skerspjūviui apskaičiuoti pasirenkame „Peikko Designer“ projektavimo įrankį. Pagal esamą modelį susidarome skaičiuojamąją schemą. „Peikko Designer“ projektavimo įrankis įvertina savąjį svorį, nuolatines bei naudojimo apkrovas. Atlikus skaičiavimus, gauname D20-300 „Deltabeam“ sijos tipą. Apskaičiuojamas sijos svoris – 264 kg. Siekiant optimizuoti siją, reiktų kreiptis į „Peikko“ inžinierius.

„Deltabeam“ sijos kaina susideda iš medžiagų savikainos bei darbo užmokesčio:

- medžiagų kaina – 264 kg x 0,62 Eur/kg = 163,68 Eur (0,62 Eur/kg – šiandieninė rinkos kaina už lakštinį plieną);
- darbo užmokestis – 5,1 val. x 25 Eur/val = 127,5 Eur (25 Eur/val – priimtas valandinis darbo užmokestis su tiesioginėmis bei netiesioginėmis išlaidomis) (5,1 val – taip apt, kaip ir „HSQ“ sijoje, virinamos keturios a4 siūlės, kurių bendras ilgis 21,6 m)

„Deltabeam“ sijos savikaina – 163,68 + 127,5 = 291,18 Eur.



D20-300

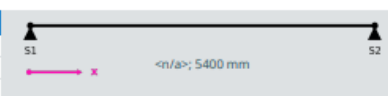
Fire resistance: R60
Materials: Steel S355
 Infill concrete C30/37
 Fire rebars B500B
Execution class: EXC2
Finishing: Epoxy primer 80µm
Comment:

Applied standards, safety factors and combinations

- ENs 1990; 1991-1-1; 1991-1-6; 1994-1-1; 1994-1-2 no National Annexes, ULS (STR, SET B) and SLS
- Safety factors for materials in installation and normal use: $\gamma_c = 1,5$, $\gamma_s = 1,15$, $\gamma_M = 1$
- ULS - EQU Load factors: $\gamma_{G,sup} = 1,1$, $\gamma_{G,inf} = 0,9$, $\gamma_Q = 1,5$; Combination expression 6.10
- ULS - STR Load factors: $\gamma_{G,sup} = 1,35$, $\gamma_{G,inf} = 1$, $\gamma_Q = 1,5$; Combination expression 6.10
- SLS Load factors: $\gamma_G = 1$, $\gamma_Q = 1$; Combination expression 6.14b for deflections during installation; Combination expression 6.16b for total deflections
- Fire situation safety factors for materials: $\gamma_c = 1$, $\gamma_s = 1$, $\gamma_M = 1$

STRUCTURE

Structure	ID	Type	Length [mm]	Span [mm]	Supports at [mm]
Deltabeam	<n/a>	single-span	5400		0; 5400
Slab	left	HC20		9800	
Slab	right	HC20		6800	



CHARACTERISTIC LOADS

Load case	Stage	Action	Load name	Acts on	Intensity	Position [mm]	On beam
Temporary (automatic)	Installation	Q_T	Temporary load		0.5 kN/m ²	full area	4.2 kN/m
Permanent	Final	G_1	Permanent load		3.2 kN/m ²	full area	26.6 kN/m
Variable load	Final	Q_B	Variable load		3.0 kN/m ²	full area	24.9 kN/m

DESIGN RESULTS FOR THE BEAM

Limit State	Stage	Restrictions/min/max [kN]		Ratios [kNm] and [kN]		Deformation [mm]	
		Support 1	Support 2	M_{Ed} / M_{Rd} (%)	V_{Ed} / V_{Rd} (%)	Deflection W_{max} (%)	Displacement
ULS	Installation	65 / 104.5	65 / 104.5	141.1 / 322.4 (44)	104.5 / 388.9 (27)		
ULS	Final	164.7 / 323.2	164.7 / 323.2	436.3 / 459.8 (95)	323.2 / 449.5 (65)		
ULS _{int}	Final	164.7 / 198.3	164.7 / 198.3	267.7 / 383.2 (70)	198.3 / 257.6 (58)		
SLS	Final	71.7 / 91.9	71.7 / 91.9			25; L/213 (85)	25

68 pav. „Peikko Designer“ programoje suprojektuota „Deltabeam“ sija [22]

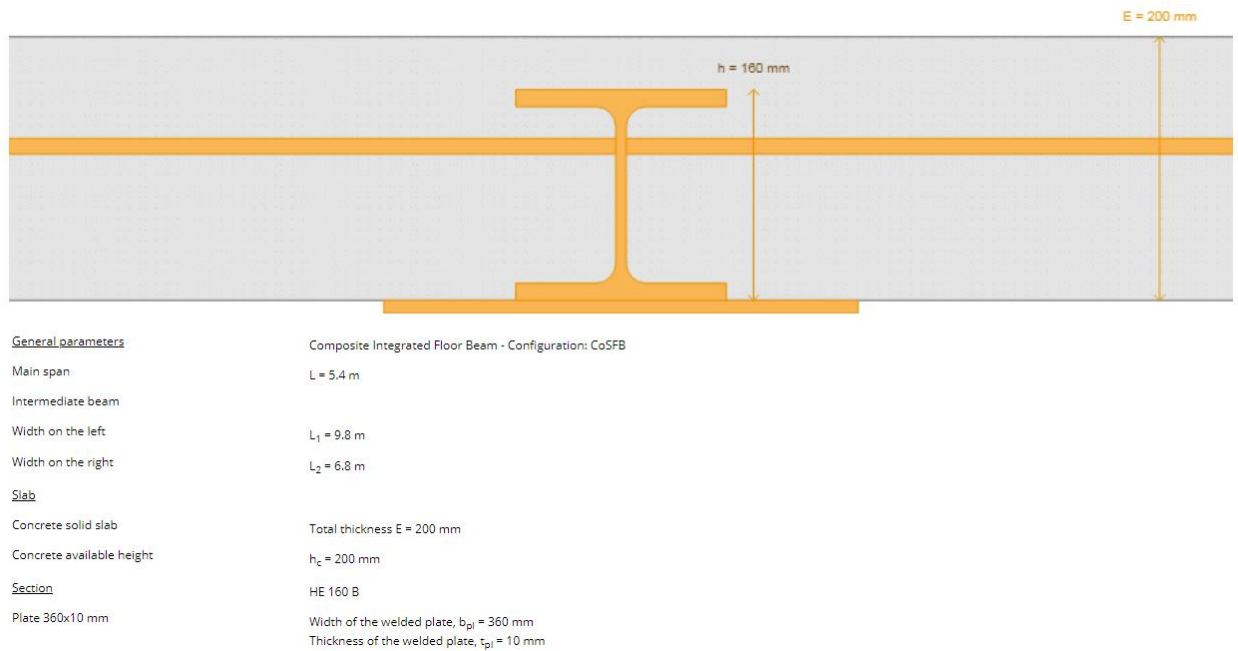
„Slimfoor beam“ sija projektuojama „CoSFB v1.6“ kompiuterine programa. Pagal esamą modelį susidarome skaičiuojamąją schemą. „CoSFB v1.6“ projektavimo įrankis įvertina savąjį svorį, nuolatinės bei naudojimo apkrovas. Atlikus skaičiavimus, gauname HEB160 profilio „Slimfoor beam“ sijos tipą, su 10 mm x 360 mm apatine plokšte. Apskaičiuojamas sijos svoris – 382,65 kg.

Siją viriname a4 siūle, kurios bendras ilgis 10,8 m. Surinkimo ir suvirinimo trukmė – 10,8 m x 14,16 Eur/m (žr. 53 pav.) = 152,93 min = 2,55 val.

„Slimfoor beam“ sijos kaina susideda iš medžiagų savikainos bei darbo užmokesčio:

- medžiagų kaina – 382,65 kg x 0,72 Eur/kg = 275,51Eur (0,72 Eur/kg – šiandieninė rinkos kaina už profilinį plieną);
- darbo užmokestis – 2,55 val. x 25 Eur/val = 63,75Eur (25 Eur/val – priimtas valandinis darbo užmokestis su tiesioginėmis bei netiesioginėmis išlaidomis).

„Slimfoor beam“ sijos savikaina – 275,51+ 63,75 = 339,26 Eur.



69 pav. „CoSFB v1.6“ programoje suprojektuota „Slimfoor beam“ sija [23]

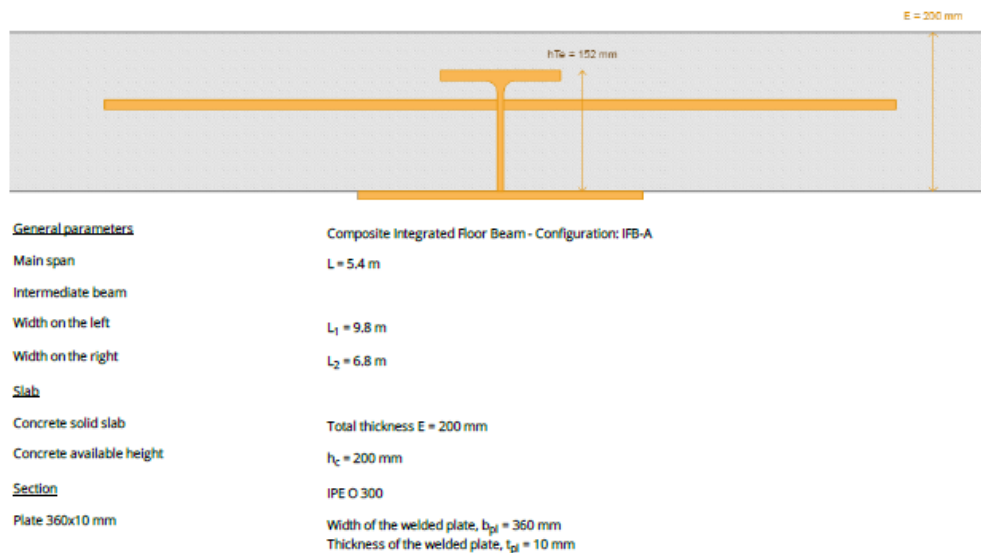
„Asymmetric slimfoor beam“ sija projektuojama taip pat „CoSFB v1.6“ kompiuterine programa. Pagal esamą modelį susidarome skaičiuojamąją schemą. „CoSFB v1.6“ projektavimo įrankis įvertina savąjį svorį, nuolatines bei naudojimo apkrovas. Atlikus skaičiavimus, gauname IPE3000 profilio „Asymmetric slimfoor beam“ sijos tipą, su 10 mm x 360 mm apatine plokšte. Apskaičiuojamas sijos svoris – 337 kg (419 kg skaičiuojant medžiagų kainą nenuėjus lentynos)

Siją viriname a4 siūle, kurios bendras ilgis 10,8 m. Surinkimo ir suvirinimo trukmė – 10,8 m x 14,16 Eur/m (žr. 53 pav.) = 152,93 min = 2,55 val.

„Asymmetric slimfoor beam“ sijos kaina susideda iš medžiagų savikainos bei darbo užmokesčio:

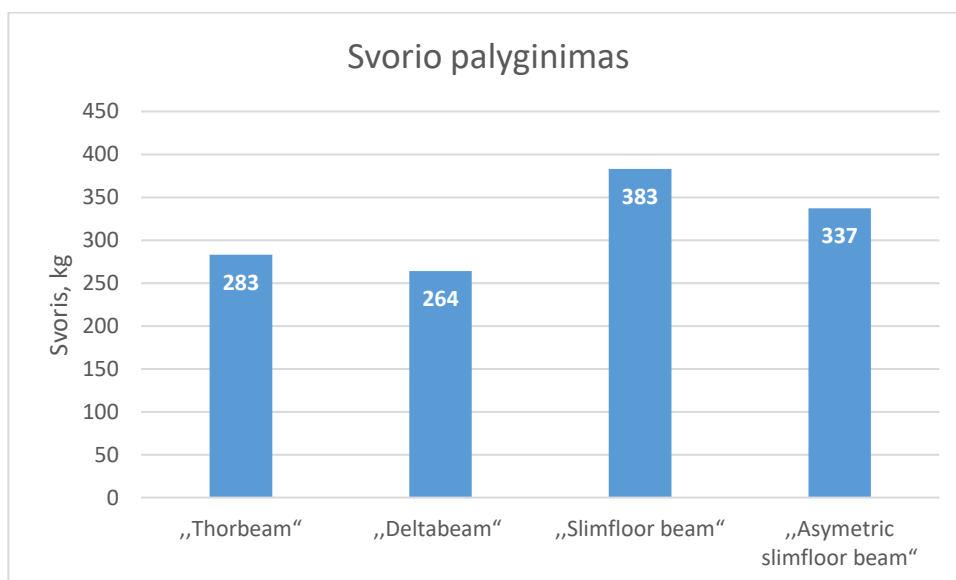
- medžiagų kaina – 419 kg x 0,72 Eur/kg = 301,68 Eur (0,72 Eur/kg – šiandieninė rinkos kaina už profilinį plieną);
- darbo užmokestis – 2,55 val. x 25 Eur/val = 63,75Eur (25 Eur/val – priimtas valandinis darbo užmokestis su tiesioginėmis bei netiesioginėmis išlaidomis).

„Asymmetric slimfoor beam“ sijos savikaina – 301,68 + 63,75 = 365,43 Eur.

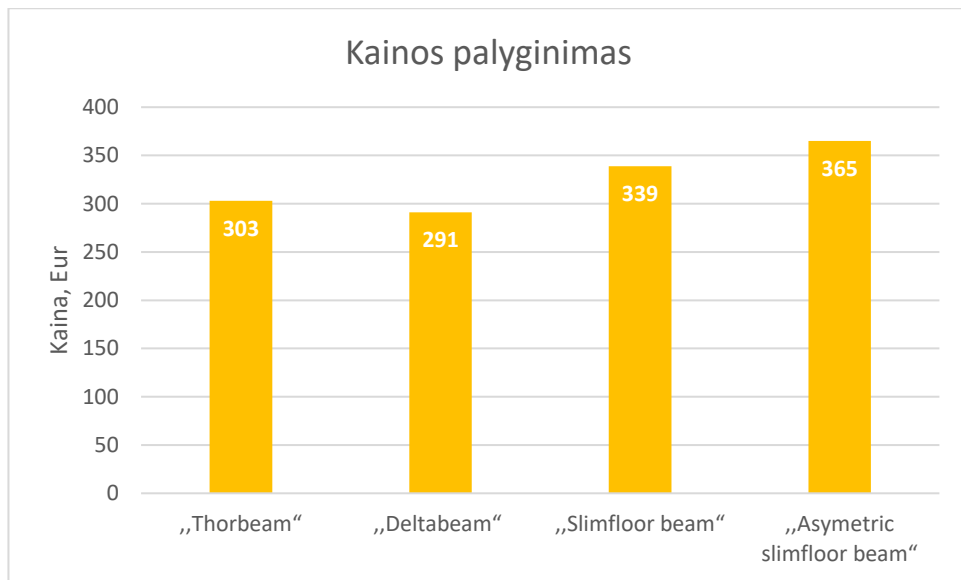


70 pav. „CoSFB v1.6“ programoje suprojektuota „Asymetric slimfloor beam“ sija [23]

Aukščiau atliktus skaičiavimus, pateikiame stulpelinėse diagramose (žr. žemiau).

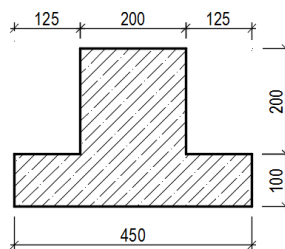


71 pav. Skirtingų sijų tipų svorio palyginimas [25]



72 pav. Skirtingų sijų tipų kainos palyginimas [25]

Gelžbetoninė rėmsija (rygelis) nėra projektuojama. Pasirenkami preliminarūs matmenys, kurios rekomenduoja gamintojai. Pasirinkto rygelio skerspjūvį galima matyti 73 pav.



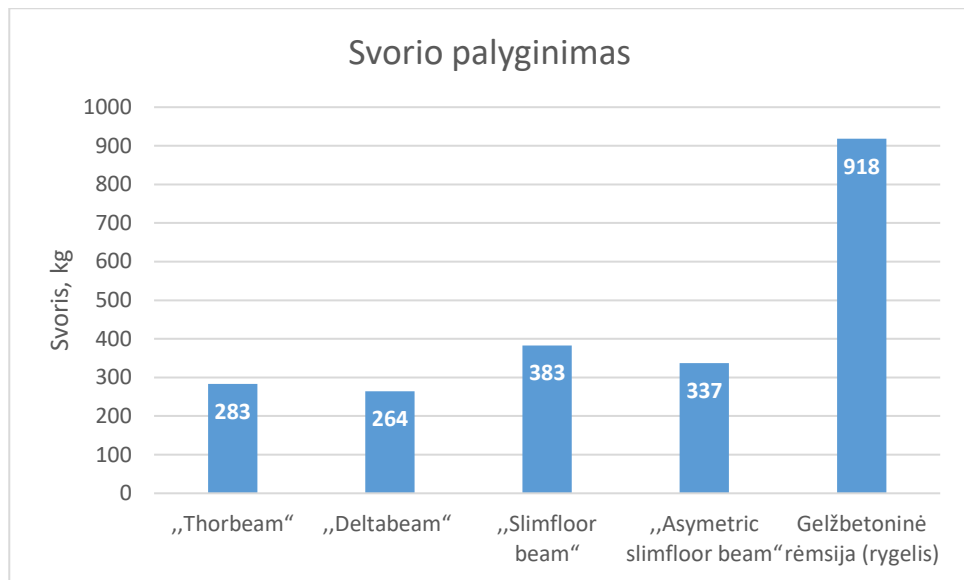
73 pav. Palyginimui naudojama gelžbetoninė rėmsija [13]

- Gelžbetoninės rėmsijos skerspjūvio plotas – 0,085 m²;
- ilgis – 5,4 m;
- tūris – 5,4 x 0,085 = 0,459 m³;
- svoris – 2000 x 0,459 = 918 kg (2000 kg/m³ – gelžbetonio tankis).

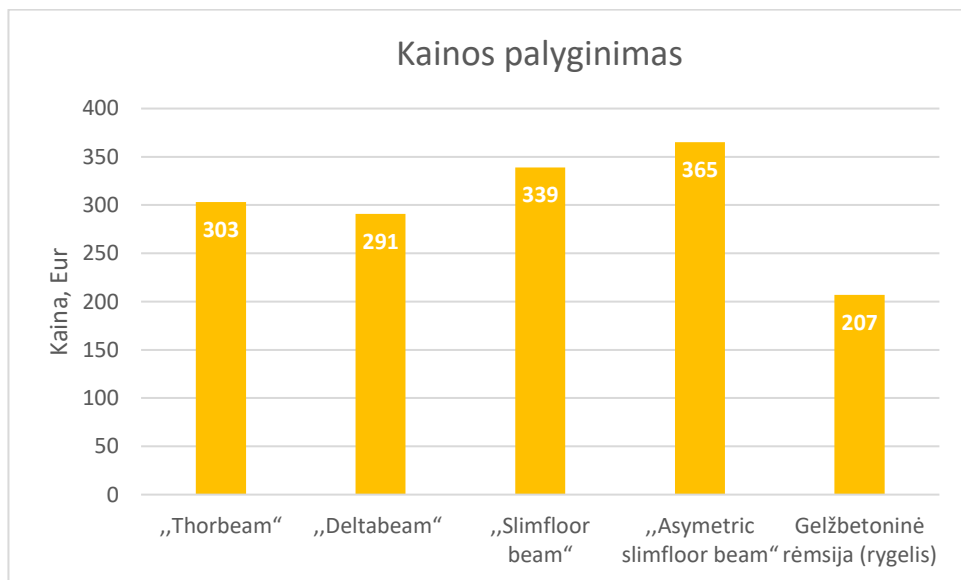
Gelžbetonio gamintojų specialistų teigimu, tokio tipo rėmsijos savikaina yra apie 450 Eur/m³.

Taigi nagrinėjamos gelžbetoninės rėmsijos kaina – 450 x 0,459 = 206,55 Eur.

Atliktus skaičiavimus, palyginame su gautais kompozitinių sijų skaičiavimais, bei duomenis, stulpelinėse diagramose pateikiame žemiau.



74 pav. Skirtingų kompozitinių sijų tipų ir gelžbetoninės rėmsijos svorio palyginimas [25]

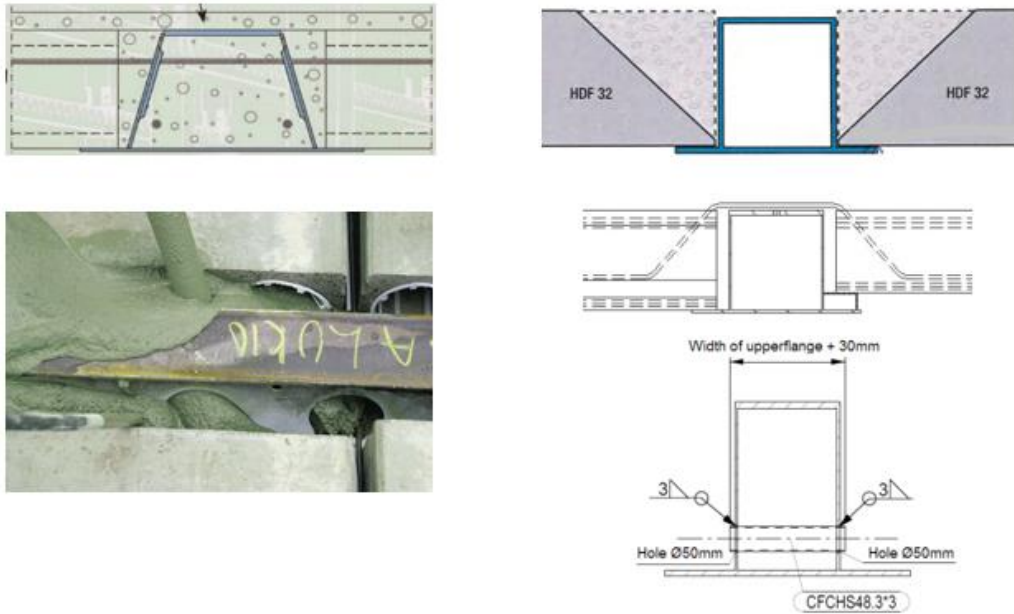


75 pav. Skirtingų kompozitinių sijų tipų ir gelžbetoninės rėmsijos kainos palyginimas [25]

3.5. „Deltabeam“ ar „Thorbeam“ kompozitinė sija?

Atlikus apklausą, paaiškėjo, kad svarbiausias vertinimo kriterijus – sijos kaina. Atlikus sijų kainos skaičiavimą, matome, kad „Deltabeam“ bei „Thorbeam“ sijos išsiskiria iš kitų kompozitinių sijų savo kaina bei savuoju svoriu. Taigi palyginkime pirmaujančias kompozitines sijas („Deltabeam“ ir „Thorbeam“) tarpusavyje.

Tiek „Deltabeam“, tiek „Thorbeam“ sijos montavimo metu yra plieninės tuščiavidurės dėžinio profilio sijos, kurios gaminamos iš plieno lakštų.

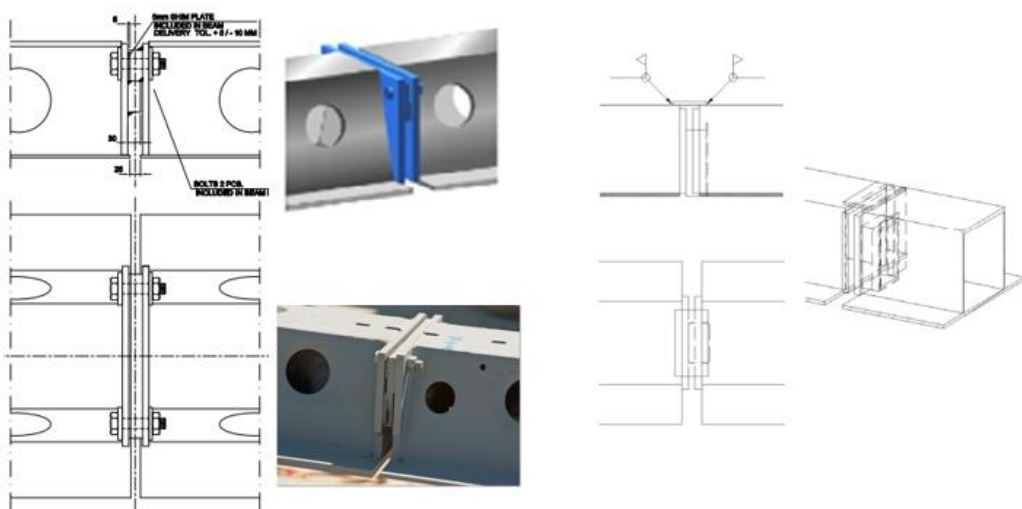


76 pav. „Deltabeam“ ir „Thorbeam“ kompozitinės sijos [26]

„Deltabeam“ ir „Thorbeam“ sijos po montavimo yra užpildomos betono skiediniu. Dėl armavimo bei betono liejimo specifikos, naudojant „Thorbeam“ sijas, perdangos plokščių kampai, dažnu atveju, turi būti nudaužomi (žr. 71 pav.).

Sijų jungimas.

- „Deltabeam“ sijos, naudojant „Geber“ tipo jungimo mazgą, sujungiamos varžtais (lengvas ir paprastas jungimo būdas).
- „Thorbeam“ sijos jungiamos virinant papildomas plokšteles (sudėtingesnis jungimo būdas, reikalaujantis virinimo darbų statybvietėje).

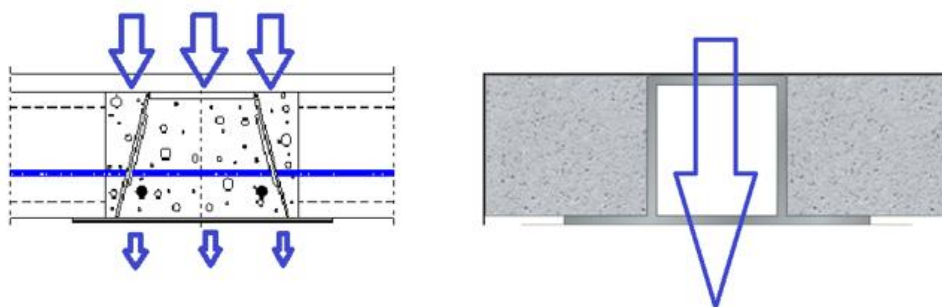


77 pav. „Deltabeam“ ir „Thorbeam“ sijų jungimas [26]

Sijų eksploatacija.

Garso pralaidumas.

„Deltabeam“ sija po betonavimo tampa pilnavidurė sija, sudaranti vientisą grindų sistemą. Kadangi „Thorbeam“ sija betonuojama tik išorėje (sija yra uždaro profilio), tai sija nesudaro vientisos grindų sistemos – taip grindų sistemoje atsiranda oro tarpas, per kurį nesunkiai gali sklirti garsas. Tuo tarpu, „Deltabeam“ sijos viduje yra sukietėjęs betonas, kuris sulaiko garso sklidimą per sija.



78 pav. „Deltabeam“ ir „Thorbeam“ sijų garso pralaidumas [26]

Sertifikavimas.

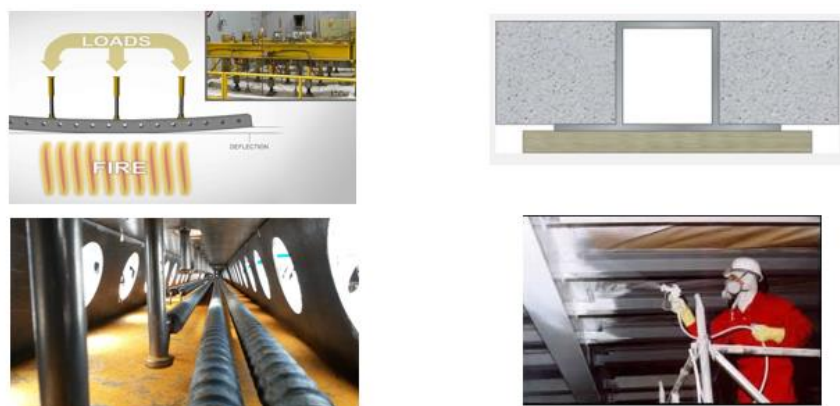
Statome pastate, panaudojus „Deltabeam“ kompozitines sijas, galima gauti papildomų „BREEAM“ ar „LEED“ sertifikavimo taškų. Tuo tarpu, panaudojus „Thorbeam“ sijas, taškų negaunama...

**BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) - pagal įvairius kriterijus pastatų tvarumo ir ekologiškumo įvertinimo metodas.*

***LEED (Leadership in Energy and Environment Design) - balų skaičiavimo sistema, vertinanti aplinkai palankius veiksmus pastato statybos ir naudojimo metu.*

Atsparumas ugniai.

„Deltabeam“ sijų atsparumas ugniai iki R180, po sijų užbetonavimo be papildomos apsaugos nuo ugnies. „Thorbeam“ sijų atsparumas ugniai pasiekiamas sijas dažant ungniaatspariais dažais ar uždengiant ungniaatspariomis plokštėmis.



79 pav. „Deltabeam“ ir „Thorbeam“ sijų atsparumas ugniai [26]

Kaina.

Atlikus vienos sijos skaičiavimus gauta, kad „Deltabeam“ sija yra pigesnė už „Thorbeam“ siją. Kompozitinių sijų specialistų atlikti skaičiavimai, pateikti lentelėse žemiau.

1. Administracinis pastatas Vilniuje – plotas apie 12 000 m²:

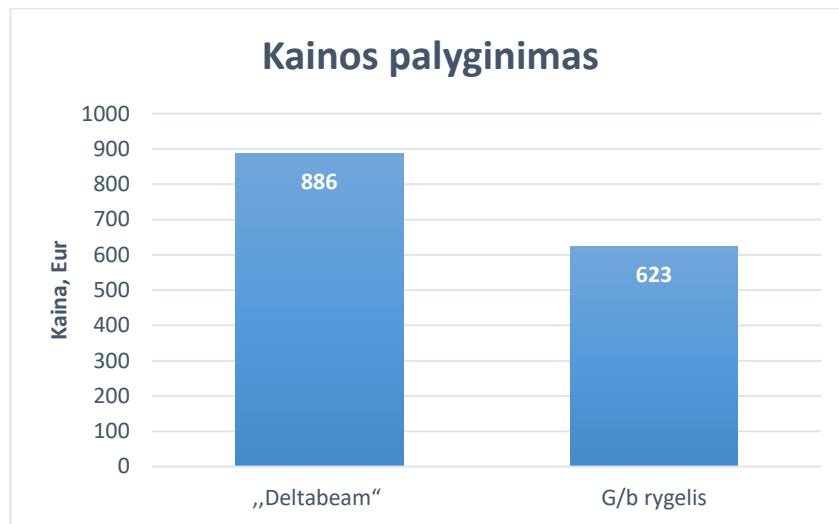
	Kiekis, m	Kiekis, t	Sijų kaina, eur	Betonavimo/Ugniaatsparinimo kaina, eur	Kaina viso, eur
HSQ	1470	325	390000	22000	412000
DELTABEAM	1470		375000	21600	396600

2. Daugiabutis su mokykla Švedijoje:

	Kiekis, m	Kiekis, t	Sijų kaina, eur	Betonavimo/Ugniaatsparinimo kaina, eur	Kaina viso, eur
HSQ	580	115	138000	7480	145480
DELTABEAM	580		137000	8640	145640

3.6. „Deltabeam“ kompozitinė sija ar gelžbetoninė rėmsija (rygelis)?

Anksčiau atliktais tyrimais, matome, kad tarp visų kompozitinių sijų pirmauja „Deltabeam“ sija. Apklaustieji, statybos specialistai, nustatė, kad reikšmingiausias vertinimo kriterijus – kaina. Tad palyginkime pigiausiai kainuojančios kompozitinės sijos – „Deltabeam“ bei gelžbetoninės rėmsijos (rygelio) montavimo kainą. Kainos skaičiavimui pasitelkiama kompiuterinė programa – „Sistela“, kuri skaičiuoja pagal naujausius įkainius, šiandien esančius rinkoje. Įvertiname apskaičiuotą sijų savikainą, papildomas medžiagas – tokias kaip, užbetonavimui reikalingas betono skiedinys, montavimui reikalingus mechanizmus, darbo užmokestį ir t.t. Gautus rezultatus pateikiame stulpelinėje diagramoje (žr. žemiau).



80 pav. „Deltabeam“ sijos ir g/b rygelio bendra kaina [25]

Kiti kompozitinių sijų privalumai.

Išankstiniai klojiniai.

Kompozitinės sijos gali būti gaminamos su išankstiniais klojiniais, kurių pagalba galima gauti įvairiausių formų fasadus be papildomų sudėtingų konstrukcijų. Išankstiniai klojiniai suformuojami iš plieno lakštų, juos privirinant prie kompozitinės sijos šono.



81 pav. Išankstiniai klojiniai, naudojami su kompozitinėmis sijomis [3]

IŠVADOS

1. Siekiant išsiaiškinti kompozitinių sijų efektyvumą – panašios konstrukcijos ir tokios pačios paskirties sijos – „Deltabeam“, „Thorbeam“, „Slimfloor beam“ ir „Asymetric slimfloor bram“ – lyginamos tarpusavyje. Sijos taip pat palyginamos su standartiniu sprendiniu., t.y. gelžbetonine rėmsija (rygeliu).
2. Apklaustųjų duomenimis ir Entropijos metodo pagalba, išrinkti svarbiausi lyginamieji kriterijai – kaina, laikomoji galia, atsparumas ugniai bei įrengimo trukmė.
3. Apklaustųjų duomenimis, iš lyginamųjų sijų, efektyviausia išrinkta „Deltabeam“ sija, antroji – „Thorbeam“, trečioji – „Asymetric slimfloor beam“, ir mažiausiai efektyvi – „Slimfloor beam“. Toks sijų efektyvumo pasiskirstymas, priklausė nuo tai, kad „Slimfloor beam“ ir „Asymetric slimfloor beam“ Lietuvoje mažai naudojamos, todėl stinga žinių apie šias sijas.
4. Pigiausia sija ir mažiausias savasis svoris yra „Deltabeam“ sijos. Antroje vietoje - „Thorbeam“ sija.
5. Bendra „Deltabeam“ sijos kaina su montavimu yra 1,4 karto didesnė už gelžbetoninės rėmsijos (rygelio).
6. Didžiausias atsparumas ugniai (iki R180) yra „Deltabeam“ sijos. Mažiausias atsparumas ugniai (iki R60) - „Thorbeam“ sijos.
7. Kompozitinės sijos taupo statybinių aukštį. „Fortnox“ administraciniame pastate panaudojus kompozitines sijas, sutaupyta 2,5 % viso pastato aukščio, išlaikius tokį pat patalpų aukštingumą.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Kompozito apibrėžimas [žiūrėta 2018-12-20]. Prieiga per internetą:
<http://www.compositus.lt/category/kas-gi-tie-kompozitai-bendrai-apie-kompozitus>
2. Kompozitinės medžiagos [žiūrėta 2018-11-20]. Prieiga per internetą:
<http://www.darnistatyla.lt/kompozitines-medziagos-mapei/>
3. „Deltabeam“ kompozitinė sija [žiūrėta 2018-12-01]. Prieiga per internetą:
<https://d76yt12idvq5b.cloudfront.net/file/dl/i/wWhSAw/dTk8hpTw1tK7fHXt5L3GmA/DELTAABEAMTMALithuaniaR01ProductLeaflet.pdf>
4. „Peikko“ techninis žinynas [žiūrėta 2018-12-01]. Prieiga per internetą:
https://d76yt12idvq5b.cloudfront.net/file/dl/i/KPjKsw/Mdq8gn1LyhawHZmWntG9nQ/Peikko_Deltabeam_LT.pdf
5. „Peikko“ techninis žinynas (2) [žiūrėta 2018-12-01]. Prieiga per internetą:
<https://d76yt12idvq5b.cloudfront.net/file/dl/i/yWebiQ/a0s3skneSuBvHmt1bD-UZA/DELTABEAMLT001TMA.pdf>
6. „Deltabeam“ kompozicinė sija, montavimo instrukcijos, 03/2016 (lt) [žiūrėta 2018-12-01]. Prieiga per internetą:
<https://d76yt12idvq5b.cloudfront.net/file/dl/i/oyLtoA/In7kV1fFBke5y8fU5Z9t2Q/DELTAABEAMTMAInstallationLithuaniaR01.pdf>
7. „Slimfloor beam“ ir „Asymetric slimfloor beam“ kompozitinė sija [žiūrėta 2018-12-10]. Prieiga per internetą:
<http://sections.arcelormittal.com/products-services/constructive-solutions/slim-floor.html>
8. „Slimfloor beam“ ir „Asymetric slimfloor beam“ techninis žinynas [žiūrėta 2018-12-10]. Prieiga per internetą:
<http://sections.arcelormittal.com/library/product-catalogues.html>
9. Kompozitinių sijų jungimas [žiūrėta 2018-12-13]. Prieiga per internetą:
https://www.researchgate.net/figure/Visualization-of-a-beam-to-column-connection_fig4_318021138
10. PENTTI M., Zhongcheng M., Fire resistance of composite slim floor beams. Journal of Constructional Steel Research 54 (2000) 345–363
11. „WQ beam system“ [žiūrėta 2018-11-13]. Prieiga per internetą:
<http://pdf.archiexpo.com/pdf/ruukki/wq-beam/70187-117459.html>
12. „WQ beam and column connection“ [žiūrėta 2018-12-14]. Prieiga per internetą:

- <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/47676/thesis.pdf>
13. Autoriaus sudarytas paveikslas „Autocad“ kompiuterine programa
 14. „The Beauty of Glulam Beams“ [žiūrėta 2018-12-16]. Prieiga per internetą:
<http://romtec.com/blog-categories/the-beauty-of-glulam-beams/>
 15. Finite Element Modelling of Semi-Rigid Composite Joint in a Slim Floor Frame [žiūrėta 2018-12-19]. Prieiga per internetą:
<http://www.nordicsteel2009.se/pdf/54.pdf>
 16. „Thorbeam“ atsparumas ugniai [žiūrėta 2018-12-29]. Prieiga per internetą:
https://www.paroc.com/spps/documentation/SE_FireTestRep_SINTEF_4_en.pdf
 17. „Fortnox“ administracinis pastatas [žiūrėta 2019-01-03]. Prieiga per internetą:
<https://mpbolagen.se/en/cable-management/references/previous-references/2016-fortnox-vaxjo/>
 18. Autoriaus sudaryta lentelė „Excel“ kompiuterine programa
 19. Kriterijų reikšmingumo nustatymo metodai [žiūrėta 2019-01-04]. Prieiga per internetą:
<https://www.mii.lt/LMR/B/2014/55B21.pdf>
 20. Statybos sprendimų optimizavimo teorija. Laboratorinis darbas Nr. 9. KTU SAF Statybos technologijų katedra
 21. Entropija [žiūrėta 2018-11-29]. Prieiga per internetą:
<http://www.zodziai.lt/reiksme&word=Entropija&wid=5454>
 22. „Peikko Designer“ kompiuterinė programa [žiūrėta 2019-01-04]. Prieiga per internetą:
<https://www.peikko.com/design-tools/>
 23. „CoSFB v1.6“ kompiuterinė programa [žiūrėta 2019-01-04]. Prieiga per internetą:
<http://sections.arcelormittal.com/download-center/design-software/composite-solutions.html>
 24. „SCIA Engineer“ kompiuterinė programa [žiūrėta 2019-01-04]. Prieiga per internetą:
<https://www.scia.net/en/software/scia-engineer>
 25. Autoriaus sudaryta diagrama „Excel“ kompiuterine programa
 26. WOLFGANG R., Innovative Slim Floor Structure. Peikko konferencija „Statyba. Architektūra. 4.0“, 2018, Kaunas.
 27. MATTHIAS B., Dario Z., Simplified Analytical Determination of the Temperature Distribution and the Load Bearing Resistance of Slim-Floor Beams. EUROSTEEL 2017, September 13–15, 2017, Copenhagen, Denmark
 28. KJELLMAN A., Structural robustness methodology for analysing alternate load paths in buildings. Division of structural mechanics master’s dissertation, 2017, Lund University, Sweden.
 29. TARVAINEN V., Advanced composite structures. Peikko konferencija „Statyba. Architektūra. 4.0“, 2018, Kaunas.

30. MARTINAVIČIUS D., Augonis M., Adamukaitis N., Zingaila T., Experimental and Numerical Investigation of Concrete Filled Closed Section Steel Beams. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, 2018/1/22
31. „Tiled precast concrete floor slabs“ [žiūrėta 2018-11-29]. Prieiga per internetą:
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=2ahUKEwjfsLvNstzfAhWFi8MKHVaaDz4QFjAFegQICRAC&url=http%3A%2F%2Fwww.elementisuunnit.telu.fi%2FDownload%2F23630%2FLaattalattia%2520ontelolaataston%2520p%25C3%25A4%25C3%25A4II%25C3%25A4.pdf&usg=AOvVaw14jmh1up8tHHCruXUU4Fg>
32. LIMAZIE T., Chen S., Numerical procedure for nonlinear behavior analysis of composite slim floor beams. *Journal of Constructional Steel Research* 106 (2015) 209–219
33. LIMAZIE T., Chen S., FE modeling and numerical investigation of shallow cellular composite floor beams. *Journal of Constructional Steel Research* 119 (2016) 190–201
34. ELLOBODY E., Composite slim floor stainless steel beam construction exposed to different fires. *Engineering Structures* 36 (2012) 1–13
35. NÁDASKÝ P., Steel-Concrete Composite Beams for Slim Floors – Specific Design Features in Scope of Steel Frames Design. *Procedia Engineering* 40 (2012) 274 – 279
36. DERKOWSKI W., Skalski P., New concept of slimfloor with prestressed composite beams. *Procedia Engineering* 193 (2017) 176 – 183
37. Profilių charakteristikos [žiūrėta 2018-12-21]. Prieiga per internetą:
<http://www.soscoqatar.net/data/uploads/files/EuropeanIBeamIPE2.pdf>

PRIEDAI

1 priedas

„Deltabeam“ sijos skaičiavimas

Peikko Designer® DELTABEAM SELECT

Printed on: 11.12.2018

Project: <n/a>

Location: Lithuania

Designer: Tomas Kinderis

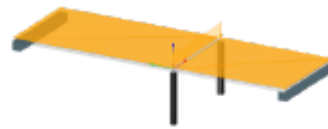
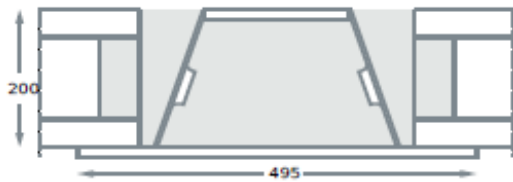
Company: Peikko Lietuva

Email: tomas3364@gmail.com

DESIGN REPORT

DELTABEAM №/ID: <n/a>

DESIGN STATUS: **✓ PASS**



D20-300

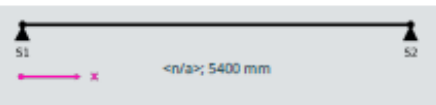
Fire resistance: R60
Materials: Steel S355
 Infill concrete C30/37
 Fire rebars B500B
Execution class: EXC2
Finishing: Epoxy primer 80µm
Comment:

Applied standards, safety factors and combinations

- ENs 1990; 1991-1-1; 1991-1-6; 1994-1-1; 1994-1-2 no National Annexes, ULS (STR, SET B) and SLS
- Safety factors for materials in installation and normal use: $\gamma_c = 1,5$, $\gamma_s = 1,15$, $\gamma_M = 1$
- ULS - EQU Load factors: $\gamma_{G,sup} = 1,1$, $\gamma_{G,inf} = 0,9$, $\gamma_Q = 1,5$; Combination expression 6.10
- ULS - STR Load factors: $\gamma_{G,sup} = 1,35$, $\gamma_{G,inf} = 1$, $\gamma_Q = 1,5$; Combination expression 6.10
- SLS Load factors: $\gamma_G = 1$, $\gamma_Q = 1$; Combination expression 6.14b for deflections during installation; Combination expression 6.16b for total deflections
- Fire situation safety factors for materials: $\gamma_c = 1$, $\gamma_s = 1$, $\gamma_M = 1$

STRUCTURE

Structure	ID	Type	Length [mm]	Span [mm]	Supports at [mm]
Deltabeam	<n/a>	single-span	5400		0; 5400
Slab	left	HC20		9800	
Slab	right	HC20		6800	



CHARACTERISTIC LOADS

Load case	Stage	Action	Load name	Acts on	Intensity	Position [mm]	On beam
Temporary (automatic)	Installation	Q_T	Temporary load		0.5 kN/m ²	full area	4.2 kN/m
Permanent	Final	G_1	Permanent load		3.2 kN/m ²	full area	26.6 kN/m
Variable load	Final	Q_k	Variable load		3.0 kN/m ²	full area	24.9 kN/m

DESIGN RESULTS FOR THE BEAM

Limit State	Stage	Restrictions/min/max [kN]		Ratios [kNm] and [kN]		Deformation [mm]	
		Support 1	Support 2	M_{Ed} / M_{Rd} (%)	V_{Ed} / V_{Rd} (%)	Deflection W_{max} (%)	Displacement
ULS	Installation	65 / 104.5	65 / 104.5	141.1 / 322.4 (44)	104.5 / 388.9 (27)		
ULS	Final	164.7 / 323.2	164.7 / 323.2	436.3 / 459.8 (95)	323.2 / 449.5 (65)		
ULS _T	Final	164.7 / 198.3	164.7 / 198.3	267.7 / 383.2 (70)	198.3 / 257.6 (58)		
SLS	Final	71.7 / 91.9	71.7 / 91.9			25; L/213 (85)	25

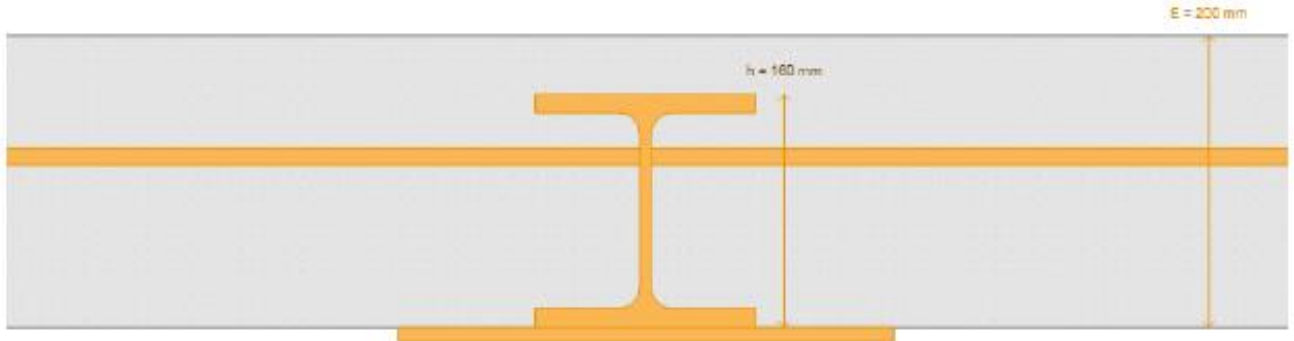
The precamber of DELTABEAM® compensates for the deflection in the erection stage (applied EN 1990 eq. 6.16b).

NOTES:
 Final design and optimization will be made by Peikko.

www.peikko.com



„Slimfoor beam“ sijos skaičiavimas



<u>General parameters</u>	Composite Integrated Floor Beam - Configuration: CoSFB	
Main span	L = 5,4 m	
Intermediate beam		
Width on the left	L ₁ = 9,8 m	
Width on the right	L ₂ = 6,8 m	
<u>Slab</u>		
Concrete solid slab	Total thickness E = 200 mm	
Concrete available height	h _c = 200 mm	
<u>Section</u>	HE 160 B	
Plate 360x10 mm	Width of the welded plate, b _{pl} = 360 mm Thickness of the welded plate, t _{pl} = 10 mm	
	h = 160 mm	A = 90 cm ²
	b _f = 160 mm	W _{el,y,top} = 356 cm ³
	t _w = 8 mm	W _{el,y,bot} = 724 cm ³
	t _f = 13 mm	
	r = 15 mm	
	Bearing width of the slab : d _c = 50 mm	
<u>Materials</u>		
Steel	E _s = 210000 N/mm ² ρ = 78,50 kN/m ³	
Beam steel grade S355 M/ML	f _y = 355 N/mm ² Reduction curve = EN 10025-4	
Plate S355 M/ML	f _y = 355 N/mm ² Reduction curve = EN 10025-4	

Date : 11/12/2018	User's name :	Page 1 / 33
	Software CoSFB v1.6	

Concrete C30/37

Density of the concrete (slab)

$$\rho = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cm} = 38 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{cm} = 32836.57 \text{ N/mm}^2$$

$$\epsilon_{c1} = 2.16 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{cu1} = 3.5 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{cu2} = 3.5 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{cu3} = 3.5 \text{ ‰}$$

User terms

$$\text{Shrinkage strain} = 0 \cdot 10^{-6}$$

Concrete Zone 1 - Below the upper edge of the upper flange (to the position of the centroid)

Effective width

$$b_{eff} = 1350 \text{ mm}$$

Depth of zone 1

$$Z_1 = 39.96 \text{ mm}$$

Concrete Zone 2 - Above the upper edge of the upper flange

Effective width

$$b_{eff} = 1350 \text{ mm}$$

Concrete cover above the steel flange

$$C_b = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Instant } t_0 \ n_0 = 6.4$$

$$\text{Creep } t_w \ n_L = 4.0 \cdot n_0 = 25.58$$

$$\text{Shrinkage } t_w \ n_S = 2.5 \cdot n_0 = 15.99$$

A constant approximate relation to n_0 is used for all types of concrete

A constant approximate relation to n_0 is used for all types of concrete

Centroid of the equivalent section

(From the upper edge of the concrete Zone 2)

$$z_{el,0} = 8 \text{ cm}$$

$$z_{el,L} = 11.8 \text{ cm}$$

$$z_{el,S} = 10.56 \text{ cm}$$

Second moment of area of the equivalent section

$$I_{y,0} = 12576 \text{ cm}^4$$

$$I_{y,L} = 7984 \text{ cm}^4$$

$$I_{y,S} = 9400 \text{ cm}^4$$

Second moment of area of CoSFB

$$I_{Steel} = 4058 \text{ cm}^4$$

Lateral restraint of the beam

The software assumes a full lateral restraint of the beam for the construction stage (no LTB check)

Propping in the construction stage

Number of proppings in the span

$$1$$

Loads

Loads at construction stage

Permanent loads (g)

Self-weight of the steel section + plate + support $g_{\text{CoSFB}} = 0.70 \text{ kN/m}$

Self-weight of the slab $g_{\text{slab}} = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Self-weight of the floor system $g_{\text{floor}} = 5.07 \text{ kN/m}^2$

Construction loads (Q_c)

Line load (Self-weight)	$x_0 =$	0 m	$x_e =$	5.4 m
	$q_0 =$	42.06 kN/m	$q_e =$	42.06 kN/m

Loads at final stage

Permanent loads G

Self-weight of the steel section + plate + support $g_{\text{CoSFB}} = 0.70 \text{ kN/m}$

Self-weight of the slab $g_{\text{slab}} = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Self-weight of the floor system $g_{\text{floor}} = 5.07 \text{ kN/m}^2$

Line load (Self-weight)

$x_0 = 0 \text{ m}$		$x_e = 5.4 \text{ m}$
$q_0 = 42.06 \text{ kN/m}$		$q_e = 42.06 \text{ kN/m}$

Partial Factors

Permanent loads

$\gamma_{G,\text{sup}} = 1.35$
 $\gamma_{G,\text{inf}} = 1.00$

Structural steel $\gamma_{M0} = 1.00$
Structural steel (instabilities) $\gamma_{M1} = 1.00$

Live loads

$\gamma_Q = 1.50$

Concrete $\gamma_C = 1.50$

Reinforcement bars

$\gamma_S = 1.15$

Connectors

$\gamma_V = 1.25$

Weld strength

$\gamma_{M2} = 1.25$

Combinations of actions

ULS combination (construction stage) $1.35 G + 1.50 Q_c$

SLS combination (construction stage) $1.00 G + 1.00 Q_c$

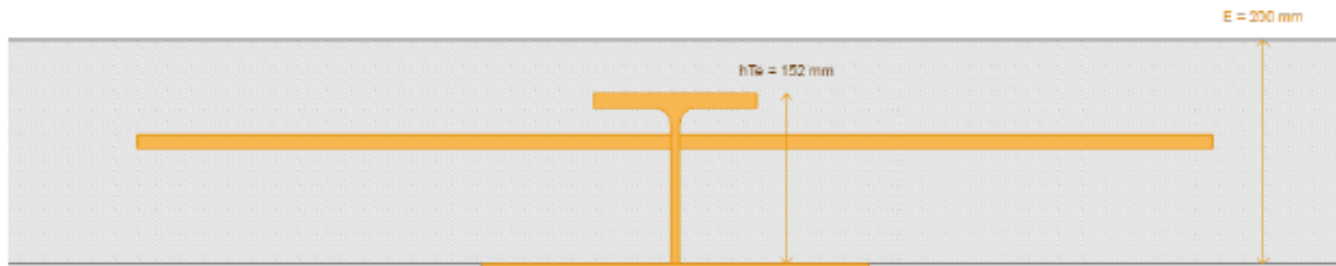
ULS combination(s)

$1.35 G + 1.50 Q_1$
 $1.35 G + 1.50 (\psi_0 = 1.00) Q_1$
 $1.00 G + 1.50 Q_1$
 $1.00 G + 1.50 (\psi_0 = 1.00) Q_1$

SLS combination(s)

$1.00 G + 1.00 Q_1$
 $1.00 G + 1.00 (\psi_0 = 1.00) Q_1$

„Asymmetric slimfloor beam“ sijos skaičiavimai

General parameters

Main span

Composite Integrated Floor Beam - Configuration: IFB-A

L = 5.4 m

Intermediate beam

Width on the left

 $L_1 = 9.8$ m

Width on the right

 $L_2 = 6.8$ mSlab

Concrete solid slab

Total thickness E = 200 mm

Concrete available height

 $h_c = 200$ mmSection

Plate 360x10 mm

IPE O 300

Width of the welded plate, $b_{pl} = 360$ mmThickness of the welded plate, $t_{pl} = 10$ mm $h = 304$ mm $b_f = 152$ mm $t_w = 8$ mm $t_f = 12.7$ mm $r = 15$ mm $h_{Te} = 152$ mmA = 67 cm² $W_{ely, top} = 317$ cm³ $W_{ely, bot} = 504$ cm³Bearing width of the slab : $d_c = 50$ mmMaterials

Steel

 $E_s = 210000$ N/mm² $\rho = 78,50$ kN/m³

Beam steel grade S355 M/ML

 $f_y = 355$ N/mm²

Reduction curve = EN 10025-4

Plate S355 M/ML

 $f_y = 355$ N/mm²

Reduction curve = EN 10025-4

Concrete C30/37

Density of the concrete (slab) $\rho = 25 \text{ kN/m}^3$
 $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
 $f_{cm} = 38 \text{ N/mm}^2$
 $E_{cm} = 32836.57 \text{ N/mm}^2$
 $\epsilon_{c1} = 2.16 \cdot 10^{-6}$
 $\epsilon_{cu1} = 3.5 \cdot 10^{-6}$
 $\epsilon_{cu2} = 3.5 \cdot 10^{-6}$
 $\epsilon_{cu3} = 3.5 \cdot 10^{-6}$
User terms Shrinkage strain = $0 \cdot 10^{-6}$

Concrete Zone 1 - Below the upper edge of the upper flange (to the position of the centroid)

Effective width $b_{eff} = 1350 \text{ mm}$
Depth of zone 1 $Z_1 = 22.42 \text{ mm}$

Concrete Zone 2 - Above the upper edge of the upper flange

Effective width $b_{eff} = 1350 \text{ mm}$
Concrete cover above the steel flange $C_b = 48 \text{ mm}$

Instant $t_0 n_0 = 6.4$

Creep $t_{in} n_L = 4.0 \cdot n_0 = 25.58$ A constant approximate relation to n_0 is used for all types of concrete

Shrinkage $t_{in} n_S = 2.5 \cdot n_0 = 15.99$ A constant approximate relation to n_0 is used for all types of concrete

Centroid of the equivalent section

(From the upper edge of the concrete Zone 2)

$z_{el,0} = 7.04 \text{ cm}$

$z_{el,L} = 10.8 \text{ cm}$

$z_{el,S} = 9.53 \text{ cm}$

Second moment of area of the equivalent section

$I_{y,0} = 9610 \text{ cm}^4$

$I_{y,L} = 6306 \text{ cm}^4$

$I_{y,S} = 7364 \text{ cm}^4$

Second moment of area of IFR-A

$I_{Steel} = 3151 \text{ cm}^4$

Lateral restraint of the beam

The software assumes a full lateral restraint of the beam for the construction stage (no LTB check)

Propping in the construction stage

Number of proppings in the span 1

Loads

Loads at construction stage

Permanent loads (g)

Self-weight of the steel section + plate + support $g_{\text{IFBA}} = 0.52 \text{ kN/m}$

Self-weight of the slab $g_{\text{slab}} = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Self-weight of the floor system $g_{\text{floor}} = 5.05 \text{ kN/m}^2$

Construction loads (Q_C)

Line load (Self-weight)	$x_0 =$	0 m	$x_0 =$	5.4 m
	$q_0 =$	41.94 kN/m	$q_0 =$	41.94 kN/m

Loads at final stage

Permanent loads G

Self-weight of the steel section + plate + support $g_{\text{IFBA}} = 0.52 \text{ kN/m}$

Self-weight of the slab $g_{\text{slab}} = 5.00 \text{ kN/m}^2$

Self-weight of the floor system $g_{\text{floor}} = 5.05 \text{ kN/m}^2$

Line load (Self-weight)

$x_0 = 0 \text{ m}$	$x_0 = 5.4 \text{ m}$
$q_0 = 41.94 \text{ kN/m}$	$q_0 = 41.94 \text{ kN/m}$

Partial Factors

Permanent loads

$\gamma_{G,\text{sup}} = 1.35$
 $\gamma_{G,\text{inf}} = 1.00$

Structural steel $\gamma_{M0} = 1.00$
Structural steel (instabilities) $\gamma_{M1} = 1.00$

Live loads

$\gamma_Q = 1.50$

Concrete $\gamma_C = 1.50$

Reinforcement bars

$\gamma_s = 1.15$

Connectors

$\gamma_v = 1.25$

Weld strength

$\gamma_{M2} = 1.25$

Combinations of actions

ULS combination (construction stage)

$1.35 G + 1.50 Q_C$

SLS combination (construction stage)

$1.00 G + 1.00 Q_C$

ULS combination(s)

$1.35 G + 1.50 Q_1$
 $1.35 G + 1.50 (\psi_0 = 1.00) Q_1$
 $1.00 G + 1.50 Q_1$
 $1.00 G + 1.50 (\psi_0 = 1.00) Q_1$

SLS combination(s)

$1.00 G + 1.00 Q_1$
 $1.00 G + 1.00 (\psi_0 = 1.00) Q_1$

„Deltabeam“ sijos montavimo kaina

SUDERINTA: _____ TŪKST.LT.

TVIRTINU: _____ TŪKST.LT.

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

ATSAKINGAS
ATSTOVAS _____

2012 M. MĖN. D.

2012 M. MĖN. D.

**LOKALINĖ SĄMAT
A**

Sudaryta pagal 2018.03 kainas

Statinių grupė 3364 Administracinis pastatas**Statiny 1 Fortnox****Žiniaraštis 1 Sija**

2019.01.02

Suma žiniaraščiui 885.72 EUR

Sąm. eil.	Darbu ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
1	Kompozitinė sija					
1	N9P-0103	t		0,265		
	Metalinių sijų ir ilginių montavimas , kai sijų, ilginių masė daugiau 0,10t iki 0,25t k8=1.03 Darbo sąn. kateg. 4.5	žm.val.	19,0	5,035	6,29	31,67
12003	Suvirinimo	kg	1,7	0,4505	1,88	0,85
8	elektrodai					
12005	Tvirtinimo	kg	9,0	2,385	1,97	4,7
1	varžtai (įvairūs)					
52000	Plieninės	t	1,0	0,265	1103,0	292,3
3	statybinės konstrukcijos					
52034	Pagalbinės	kg	8,0	2,12	1,66	3,52
9	plieninės montažinės konstrukcijos					
38000	Suvirinimo	maš.val	2,2	0,583	2,93	1,71
4	transformatorius					
48905	Kranas ant	maš.val	2,6	0,689	30,15	20,77
1	automob. važiuklės 16 t keliam. galios					
N9P-0103	Darbo užm. 31.67	Medžiagos 301.37		Mechanizmai 22.48		Iš viso 355.52
2	N6-170	t		0,03		

	Metalių įdėtinų detalių iki 20kg masės įmontavimas į betonuojamas konstrukcijas k9=1.15						
	Darbo sąn. kateg. 3.56	žm.val.	42,0	1,26	5,78	7,28	
52004 9	Įdėtinės plieninės detalės	t	1,0	0,03	2182,88	65,49	
48913 1	Kranas	maš.val	0,42	0,0126	25,48	0,32	
N6-170	Darbo užm. 7.28	Medžiagos 65.49	Mechanizmai 0.32		Iš viso 73.09		
3 N6-117		m3	0,6				
	Perdenginių ant metalių sijų arba tarpų tarp surenkamų perdenginių iki 200mm storio ir iki 5m2 ploto betonavimas k8=1.04, k9=1.15						
	Darbo sąn. kateg. 3.11	žm.val.	13,6	8,16	5,49	44,8	
20077	Emulsolas	kg	0,64	0,384			
20091	Krosninis kuras	t		0,00036			
12000 2	Plieninė viela	t		0,00018	953,71	0,17	
12003 0	Statybinės vynos	kg	0,0003	0,147	1,09	0,16	
12003 8	Suvirinimo elektrodai	kg	1,2	0,72	1,88	1,35	
26001 4	Betonas	m3	1,015	0,609	75,42	45,93	
26001 7	Armatūra	t			664,46		
52195 5	Skydų tvirtinimo elementai	t		0,00084	2182,88	1,83	
53401 4	Apipjautos lentos 25-32mm st. (2 rūš.)	m3	0,002	0,0012	203,89	0,24	
53401 5	Apipjautos lentos 40mm st. ir daugiau (2 rūš.)	m3	0,005	0,003	203,89	0,61	
53493 6	Klojinių skydai	m2	0,032	0,0192	8,56	0,16	
48913 1	Kranas	maš.val	0,72	0,432	25,48	11,01	
N6-117	Darbo užm. 44.80	Medžiagos 50.45	Mechanizmai 11.01		Iš viso 106.26		
4 N13-84		100m2	0,1				
	Metalių paviršių dažymas emale EP-140, purkštuvu						
	Darbo sąn. kateg. 4.31	žm.val.	1,55	0,155	6,24	0,97	
22002 3	Epoksidinių dervų kietiklis	kg	0,47	0,047	7,65	0,36	
23020 1	Epoksidinis emalis	kg	15,7	1,57	7,65	12,01	
23020 4	Tirpikliai (polimerizacinių smalų pagrindu)	kg	2,4	0,24	1,68	0,4	
N13-84	Darbo užm. 0.97	Medžiagos 12.77	Mechanizmai		Iš viso 13.74		
Iš viso skyriuje	1 Darbo užm. 85	Medžiagos 430	Mechanizmai 34		Iš viso 549		

Viso žiniaraštyje 1	Darbo užm. 85	Medžiagos 430	Mechanizmai 34	Iš viso 549	
Papildomų medžiagų vertė 3.00%			13		
Papildomų mechanizmų vertė 3.00%				1	
Sezoniniai darbai 15.00% (52)			8		
Specifiniai darbai 17.00%			3		
Papildomas darbo užmokestis 8.00% (85+8+3)			8		
Viso:			104	443	35
Soc.draudimo išlaidos 31.00% (85+8+3+8)			32		
Statinio statybos išlaidos	Viso:		136	443	35
Statybvietės išlaidos 9.00%					55
Iš viso tiesioginės išlaidos					669
Pridėtinės išlaidos 27.00% (85+8+3+8)					28
Pelnas 5.00% (669+28)					35
Iš viso netiesioginės išlaidos					63
				Bendra vertė be PVM	732
Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					153,72
				Bendra vertė su PVM	885,72

Sudarė :

/Pavardė/

G/b rygelio montavimo kainaSUDERINTA: _____
TŪKST.LT.

TVIRTINU: _____ TŪKST.LT.

ATSAKINGAS ATSTOVAS
_____ATSAKINGAS
ATSTOVAS _____

2012 M. MĖN. D.

2012 M. MĖN. D.

LOKALINĖ ŠAMATA

Sudaryta pagal 2018.03 kainas

Statinių grupė 3364 Administracinis pastatas**Statiny 1 Fortnox****Žiniaraštis 1 Sija**

2019.01.02

Suma žiniaraščiui **623.15 EUR**

Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas	Mato vienetas	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
2	G/b rygelis					
1	N7-57	vnt.		1,0		
	Rygelių, kurių masė iki 1.0t, montavimas daugiaaukščiuose pastatuose k8=1.04 Darbo sąn. kateg. 4.25	žm.val.	2,3	2,3	6,19	14,24
120030	Statybinės viny	kg	0,0064	0,0064	1,09	0,01
120038	Suvirinimo elektrodai	kg	0,18	0,18	1,88	0,34
260027	Surenkamos g/b konstrukcijos	vnt.	1,0	1,0	207,0	207,0
534015	Apipjautos lentos 40mm st. ir daugiau (2 rūš.)	m3	0,0004	0,0004	203,89	0,08
534034	Mediniai klojinių skydai	m2	0,0147	0,0147	8,56	0,13
600046	Betono mišiniai C12/15	m3	0,005	0,005	74,26	0,37
489046	Bokštinis kranas 5-8 t keliamosios galios	maš.val	0,29	0,29	18,1	5,25
N7-57	Darbo užm. 14.24	Medžiagos 207.93	Mechanizmai 5.25		Iš viso 227.42	
2	N6-170	t		0,03		
	Metalinų įdėtinių detalių iki 20kg masės įmontavimas į betonuojamas					

	konstrukcijas k9=1.15					
	Darbo sąn. kateg. 3.56	žm.val.	42,0	1,26	5,78	7,28
520049	Įdėtinės plieninės detalės	t	1,0	0,03	2182,88	65,49
489131	Kranas	maš.val	0,42	0,0126	25,48	0,32
N6-170	Darbo užm. 7.28	Medžiagos 65.49	Mechanizmai 0.32		Iš viso 73.09	
3 N7-293		m3			0,2	
	Kiaurymių užbetonavimas perdangos plokščių atramose, padarant pertvarą, kai pl. aukštis daugiau kaip 250 mm (m3 betono)					
	Darbo sąn. kateg. 3.0	žm.val.	33,0	6,6	5,41	35,71
220035	Putų polistireno plokštės	m3	0,4	0,08	51,32	4,11
600043	Betono mišiniai	m3	1,04	0,208	75,42	15,69
489041	Kranas ant vikšrinės važiuoklės 16 t keliamosios galios	maš.val	0,79	0,158	32,65	5,16
N7-293	Darbo užm. 35.71	Medžiagos 19.80	Mechanizmai 5.16		Iš viso 60.67	
4 N15-104-10		100m2			0,04	
	Sijų, piliastrų, laiptų maršų ir kitų smulkių paviršių tinkavimas voleliu k8=1.15					
	Darbo sąn. kateg. 4.0	žm.val.	70,0	2,8	6,11	17,11
572160	Dekoratyvinis tinko skiedinys	t	0,2	0,008	503,38	4,03
N15-104-10	Darbo užm. 17.11	Medžiagos 4.03	Mechanizmai		Iš viso 21.14	
Iš viso skyriuje	2 Darbo užm. 74	Medžiagos 297	Mechanizmai 11		Iš viso 382	
Viso žiniaraštyje	1 Darbo užm. 74	Medžiagos 297	Mechanizmai 11		Iš viso 382	
	Papildomų medžiagų vertė 3.00%		9			
	Papildomų mechanizmų vertė 3.00%					
	Sezoniniai darbai 15.00% (7)		1			
	Specifiniai darbai 17.00%		4			
	Papildomas darbo užmokestis 8.00%(74+1+4)		6			
	Viso:		85	306	11	402
	Soc.draudimo išlaidos 31.00%(74+1+4+6)		26			
	Statinio statybos išlaidos	Viso:	111	306	11	428
	Statyb vietės išlaidos 9.00%					39
	Iš viso tiesioginės išlaidos					467
	Pridėtinės išlaidos 27.00%(74+1+4+6)					23
	Pelnas 5.00%(467+23)					25
	Iš viso netiesioginės išlaidos					48
			Bendra vertė be PVM		515	
	Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					108,15

Sudarė :
/Pavardė/